

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BEKLEYEN SİPARİŞ DURUMUNDA SÜREKLİ GÖZDEN GEÇİRMeye
DAYALI OLASILIKLI (R,Q) STOK KONTROL MODELİ VE DEPO YAPISI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ömer Faruk YILMAZ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BEKLEYEN SİPARİŞ DURUMUNDA SÜREKLİ GÖZDEN GEÇİRMeye
DAYALI OLASILIKLI (R,Q) STOK KONTROL MODELİ VE DEPO YAPISI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ömer Faruk YILMAZ
(507101139)**

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Murat BASKAK

HAZİRAN 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507101139 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Ömer Faruk YILMAZ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**BEKLEYEN SİPARİŞ DURUMUNDA SÜREKLİ GÖZDEN GEÇİRMEYE DAYALI OLASILIKLI (R,Q) STOK KONTROL MODELİ VE DEPO YAPISI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Murat BASKAK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Şule İtir SATOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Tufan DEMİREL
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Mayıs 2012**
Savunma Tarihi : **06 Haziran 2012**

Aileme,

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın her aşamasında, konu ile ilgili bilgi ve deneyimini benimle paylaşan, ilgi ve önerilerini hiç bir zaman esirgemeyen, tez danışmanlığımı özenle yürüten değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Murat BASKAK'a ve manevi destekleri için aileme teşekkür ederim.

Haziran 2012

Ömer Faruk YILMAZ
(Endüstri Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1. GİRİŞ	1
2. STOK KAVRAMI VE STOK KONTROL MODELLERİ.....	5
2.1 Stok.....	5
2.2 Stok Yıpranmaları ve Oluşan Stok Riski.....	6
2.3 Genel Stok Maliyetleri.....	9
2.3.1 Ana maliyetler.....	9
2.3.1.1 Elde bulundurma çeşitleri ve maliyetleri.....	9
2.3.1.2 Sipariş maliyeti.....	11
2.3.1.3 Elde bulundurmama çeşitleri ve maliyetleri.....	12
2.3.2 Alt maliyetler.....	15
2.3.2.1 Yenileme çeşitleri ve maliyetleri.....	15
2.3.2.2 Sipariş toplama aktivitesi ve maliyeti.....	15
2.4 Stok Kontrol Modellerinin Sınıflandırılması.....	16
2.4.1 Deterministik modeller.....	17
2.4.2 Olasılıklı stok kontrol modelleri.....	19
2.4.2.1 Güvenlik stoğu ve çevrim hizmet düzeyi.....	20
2.4.2.2 Çevrim hizmet düzeyi ve sipariş karşılanma oranı.....	21
2.4.2.3 Sürekli gözden geçirmeye dayalı modeller.....	23
2.4.2.4 Periyodik gözden geçirmeye dayalı modeller.....	25
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	27
3.1 Literatür Araştırması Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	37
4. BEKLEYEN SİPARİŞ DURUMUNDA SÜREKLİ GÖZDEN GEÇİRMeye DAYALI OLASILIKLI (R,Q) STOK KONTROL MODELİ VE DEPO YAPISI.....	39
4.1 Çözülecek Stok Kontrol Modeli ve Çözüm İçin Önerilen Yöntem.....	42
4.1.1 Problem.....	42
4.1.1.1 Problemin tanımı.....	42
4.1.1.2 Performans ölçütleri.....	43
4.1.1.3 Problemin varsayımları.....	44
4.1.1.4 Matematiksel model.....	45
4.1.1.5 Önerilen çözüm yöntemi.....	48
Lagrange çarpanı yöntemi ve adımları.....	51
5. UYGULAMA.....	55
5.1 Stok Alt Modelinin Çözümü.....	55
5.1.1 Stok değişkenlerinin belirlenmesi.....	57

5.1.2 Stok alt modelinin sonuçlarının değerlendirilmesi	57
5.2 Depo Alt Modelinin Çözümü	67
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	69
KAYNAKLAR.....	71
ÖZGEÇMİŞ.....	77

KISALTMALAR

b	: Maliyetin çeşidini belirleyen stok yetersizliği
C_{Hi}	: i. ürünü dönemsel elde bulundurma maliyeti
C_I	: Ürünlerin daha önce ki edinme maliyetlerinin ortalaması
C_{Ib}	: Birincil alana ürünlerin edinme(sipariş maliyeti) maliyeti
C_{Ii}	: İkincil alana ürünlerin edinme(sipariş maliyeti) maliyeti
ÇHD	: Çevrim hizmet düzeyi
DEM	: Depolama ve elleçleme maliyeti
D_i	: i. ürünün dönemsel talep miktarı
d_i	: i. ürünün sipariş teslim zamanı
EkKap	: Ek kapasite
EkKapMal	: Ek kapasite maliyeti
$E[L^D_i]$: i. ürünün tedarik zamanındaki talebinin beklenen değeri
ESM	: Ekonomik sipariş miktarı
EY	: Ürünlerin eşzamanlı olarak yenilenmesi
EYM	: Ürünlerin eşzamanlı olarak yenilenme maliyeti
EYS_i	: i. ürünün eşzamanlı yenilenme sayısı
h_i	: i. ürünün hacmi
K	: Bekleyen sipariş maliyeti
Kapa	: Toplam kapasite
KapaB	: Birincil alanın kapasitesi
K_i	: i. ürünün stok yetersizliği durumunda ki bekleyen sipariş maliyeti
Kapal	: İkincil alanın kapasitesi
L	: Tedarik etme zamanı
L^D_i	: i. ürünün tedarik zamanındaki talebi
OrtC_{IB}	: Birincil alana ürünlerin ortalama edinme(sipariş maliyeti) maliyeti
OrtC_{Ii}	: İkincil alana ürünlerin ortalama edinme(sipariş maliyeti) maliyeti
Q_i	: i. ürünün ekonomik sipariş miktarı
Q_i^*	: Yıpranan ürünün dâhil edildiği i. ürünün ekonomik sipariş miktarı
P_i	: i. ürünün birim maliyeti
R_i	: i. ürünün yeniden sipariş noktası
r_i	: i. ürünün sipariş verme zamanı
R_i^*	: Yıpranan ürünün dâhil edildiği i. ürünün yeniden sipariş noktası
SHM	: Stok hizmet maliyeti
S	: En yüksek stok seviyesi
s_i	: i. ürün için güvenlik stoğu miktarı
SKO_i	: i. ürünün sipariş karşılanma oranı
SM	: Sermaye maliyeti
S_{Ri}	: i. ürünün çevrim başına beklenen stok yetersizliği
SRM	: Stok riski maliyeti
T	: Sipariş verme periyodu
t	: Çevrim süresi
T1	: Kayıp satış maliyeti
TC	: Toplam maliyet

TC_S	: Stok alt modeli toplam maliyet
TM_B	: Birincil bölgedeki sipariş toplama maliyeti
TM_I	: İkincil bölgedeki sipariş toplama maliyeti
TS_i	: i. ürünün toplama sayısı
UY	: Ürünlerin en yüksek seviyede yenilenmesi
UYM	: Ürünlerin en yüksek seviyede yenilenme maliyeti
X_i	: İkincil ve birincil alan rotası
Y_i	: Birincil alan rotası
z	: Çevrim hizmet düzeyine karşılık gelen değer
Z_i	: İkincil alan rotası
α	: α hizmet düzeyi
β	: β hizmet düzeyi
γ	: γ hizmet düzeyi
Θ	: Yıpranma oranı
$\mu_{L_i}^D$: i. ürünün tedarik zamanındaki talebinin ortalaması
$\sigma_{L_i}^D$: i. ürünün tedarik zamanındaki talebinin standart sapması

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 5.1 : Elde bulundurma maliyetleri	56
Çizelge 5.2 : Elde bulundurma alt maliyet kalemleri.....	56
Çizelge 5.3 : Elde bulundurmama maliyeti ve eksiklik miktarları.....	56
Çizelge 5.4 : Sipariş miktarları	57
Çizelge 5.5 : Yeniden sipariş noktaları.....	57
Çizelge 5.6 : Çevrim hizmet düzeyinin değişkenler üzerindeki yüzdesel değişimi...	65
Çizelge 5.7 : Ürün rotaları	67

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Olasılık dağılımına uygun olarak gerçekleşen yıpranmalar	7
Şekil 2.2 : Oranlara uygun olarak gerçekleşen yıpranmalar	8
Şekil 2.3 : Kısıtlı ve iki alanlı depo yapısı	9
Şekil 2.4 : Stok yetersizliği ve yaşanabilecek varyasyon	14
Şekil 2.5 : Deterministik stok modeli	17
Şekil 2.6 : Maliyet Selçuk, 2007	18
Şekil 2.7 : Güvenlik stoğunun olduğu durum	22
Şekil 2.8 : Çevrim hizmet düzeyi-stok miktarı ilişkisi	23
Şekil 2.9 : (R,Q) Stok kontrol modeli	24
Şekil 2.10 : (R,S) Stok kontrol modeli	25
Şekil 2.11 : (T,S) Stok kontrol modeli	26
Şekil 4.1 : Yıpranmalar ve stok yetersizliği yaşandığı durum	40
Şekil 4.2 : İki alanlı depo yapısı ve ürünlerin izlediği rotalar	41
Şekil 4.3 : Çözüm Algoritması	50
Şekil 5.1 : Çevrim hizmet düzeyi ile toplam sipariş miktarı ilişkisi	58
Şekil 5.2 : Çevrim hizmet düzeyi ile ürün sipariş miktarı ilişkisi	58
Şekil 5.3 : Birim maliyet ile sipariş miktarı ilişkisi	59
Şekil 5.4 : Çevrim hizmet düzeyi ile yeniden sipariş noktası ilişkisi	60
Şekil 5.5 : Çevrim hizmet düzeyi ile güvenlik stoğu ilişkisi	60
Şekil 5.6 : Çevrim hizmet düzeyi ile sipariş miktarı, yeniden sipariş noktası, güvenlik stoğu ortak ilişkisi	62
Şekil 5.7 : Çevrim hizmet düzeyi ile eksiklik miktarı ilişkisi	63
Şekil 5.8 : Sipariş miktarı ile eksiklik miktarı ilişkisi	64
Şekil 5.9 : Çevrim hizmet düzeyi ile ek kapasite ilişkisi	64
Şekil 5.10 : Çevrim hizmet düzeyi ile stok miktarı ilişkisi	65
Şekil 5.11 : Çevrim hizmet düzeyi ile sipariş karşılanma oranı	66
Şekil 5.12 : Çevrim hizmet düzeyi ile toplam maliyet ilişkisi	67

BEKLEYEN SİPARİŞ DURUMUNDA SÜREKLİ GÖZDEN GEÇİRMeye DAYALI OLASILIKLI (R,Q) STOK KONTROL MODELİ VE DEPO YAPISI

ÖZET

Günümüzde müşteriler, hızlı ve güvenilir hizmet talep etmektedirler. Bu doğrultuda müşterilerin taleplerini karşılamak için işletmelerin stok kontrolüne ve depo yönetimine önem vermesi gerekmektedir. Stok kontrol fonksiyonunun etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi için deterministik yerine olasılıklı talep yapılarının göz önünde bulundurulması önem arz etmektedir. Depo ve stok değişkenlerini bir arada bulunduran ve doğru değişkenlerle gerçekleştirilecek modeller işletmelere büyük fayda sağlayacaktır. Kurulacak olan modellerde stok yetersizliği, ürün yıpranmaları v.b durumlara yer verilirse gerçekçi bir yaklaşım elde edilecektir. Bu çalışmada da hem müşteri ihtiyaçlarına cevap verebilmek için hem de gerçek durumları modellemek adına maliyet olarak etkin olan değişkenler kullanılmıştır. Çevrim hizmet düzeyi değiştirilerek maliyetler ve sipariş karşılanma oranı üzerinde ki etkisi incelenmiştir. Stok yıpranmaları ve stok yetersizliği durumları ele alınarak farklı çevrim hizmet düzeyleri için edinilmesi gereken ek kapasite miktarları belirlenmeye çalışılmıştır. Model toplam dönemsel maliyetin en küçüklenmesi amacıyla çözülmüş ve stok kararları doğru olarak belirlenmeye çalışılmıştır.

Yayın araştırması sonucunda sipariş toplama aktivitesinin önemini vurgulayan çalışmaların çok sayıda olduğu, yıpranmaları ele alan çalışmaların yeterince olduğu ve elde bulundurmama durumunun varyasyonlarıyla gerçekleştirilen çok sayıda çalışma olduğu görülmüştür. Bu çalışmada olduğu gibi stok değişkenlerini ayrı depo değişkenlerini ayrı olarak ele alan çalışmaların yanı sıra bu değişkenleri ortak olarak modelleyen çalışmaların sayısında oldukça fazladır. Bu modellerin çözümünde sezgisel yöntemlerin kullanımı ağır basmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında depo ve stok değişkenleri birleştirilmiş ve toplam maliyeti en küçükleyerek stok kararlarını verebilmek amacıyla model çözülmüştür. Çözüm için sezgisel bir yöntem uygulanmış ve farklı çevrim hizmet düzeyleri için yöntemin etkinliği sınanmıştır. Uygulanan sezgisel yöntemde model iki alt modele ayrılmış ve ilk olarak stok alt modelinin çözümü sağlanmıştır. Stok alt modelinin sonuçları sabit tutularak depo alt modeli çözülmüştür.

Tez çalışması toplam altı bölümden oluşmaktadır.

Tez çalışmasının ilk bölümünde çalışmada ele alınan durumlar genel olarak açıklanmıştır.

İkinci bölümde, stok tanımları, stok ana ve alt maliyet kalemleri, deterministik ve stokastik stok kontrol modelleri ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, çalışmada ele alınan tüm değişkenlerle ilgili olarak daha önce literatürde gerçekleştirilmiş çalışmalar ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu çalışmalardan çıkarılan sonuçlar aktarılmıştır.

Dördüncü bölümde, çözülecek olan stok kontrol modeli oluşturularak bu problemin tanımı, notasyonları, değişkenleri detaylı olarak incelenmiştir.

Beşinci bölümde, uygulama gerçekleştirilmiş ve modelin gerçek bir sistemle olan uyumu analizlerle değerlendirilmiştir.

Altıncı ve son bölümde, tüm tez çalışmasının genel bir değerlendirmesi yapılarak, ilerleyen dönemde gerçekleştirilebilecek yeni çalışmalar sunulmuştur.

(R,Q) CONTINUOUS REVIEW INVENTORY POLICY WITH BACKORDER FOR WAREHOUSE

SUMMARY

Nowadays, managers are faced with the need to deliver a high service level with minimal warehouse and inventory cost. As it has been shown in surveys, the order picking activity represents 65% of the total cost and 50% of the workforce of a warehouse. In the case of distribution warehouses, this proportion is even more important because the main activity (the only added value) is to receive pallets of items from vendors, stock them and deliver customer orders containing different items. In addition, with the improvement in information technology, it becomes possible to develop tools which can help managers to handle warehouse and inventory issues more efficiently.

At all classical levels of decision (strategic, tactical and operational), warehouse managers have to tackle problems which can be divided into two broad classes: warehouse management and inventory management problems.

Regarding warehouse management issues, managers have to decide where to assign the products inside the warehouse. Concerning inventory management, managers must decide which product, and how much of each product need to be stored in the warehouse.

The forward-reserve problem (FRP) is the problem of assigning products to the forward and reserve areas in order to reduce the overall work content in order picking. Nowadays, most warehouses are divided into two areas: forward and reserve. The forward area is used for broken-case and full-case picking and the reserve area is used for pallet picking and reserve storage. Once a product is stored in the forward area (respectively, the reserve area), all picks must be performed from the forward area (respectively, the reserve area). When the inventory of an item stored in the forward area reaches its reorder point an internal replenishment is performed (from the reserve area to the forward area). The forward area is usually a smaller area than the reserve area where order picking takes less time and is then less costly. The critical decision concerns the choice of the products which will be stored in the forward area. Indeed, if all products are located in the forward area, the size of this area increases and the advantage of lower order picking cost vanishes.

The aim of inventory management is to minimize total operating costs while satisfying customer service requirements. In order to accomplish this objective, an optimal ordering policy must be determined by answering to questions such as when to order and how much to order. The operating costs taken into account are the procurement costs, the holding costs and the shortage costs which are incurred when the demand of a client cannot be satisfied (either lost sales costs or backorder costs). There exist different inventory policies: periodic review policy and the continuous review policy. The first policy implies that the stock level will be checked after a fixed period of time and an ordering decision will be made in order to complete the

stock to an upper limit (order up to point), if necessary. In the second policy, the stock level will be monitored continuously. A fixed quantity will be ordered when the stock level reaches a reorder point. The order quantity will only be delivered after a fixed lead time and shortage can exist if the inventory is exhausted before the receipt of the order quantity. Those basic policies can be adapted to take into account special situation such as single or multi-item models, single or multi-period models, deterministic or stochastic demands, and lost sales or backorder.

Dissertation consider a warehouse composed of a reserve area and a forward area. Concerning the warehouse costs, dissertation have taken into account the cost of advance replenishment of the forward area and the cost of concurrent replenishment of the forward area. The cost of advance replenishments of product i occurs once per picking period if product i is assigned to the forward area. The cost of concurrent replenishment depends on the number of concurrent replenishments which occur during the picking period. The warehouse cost contains also picking cost in the forward area (respectively, the reserve area) which depends on the expected number of picks during the picking period. Order picking is generally recognized as the most expensive warehouse operation, because it tends to be either very labor intensive or very capital intensive. Managing the order picking process requires the organization of the orders to be picked and the material handling operations of the picking.

In this dissertation, decompose global model in an inventory sub model and a warehouse submodel. Those two submodels are solved sequentially: first the inventory submodel is solved and then the optimal value of the inventory variables are fixed and used to solve the warehouse submodel. The inventory submodel is obtained by eliminating from global model costs and constraints related to the warehouse problem. I obtain a nonlinear inventory model with storage and inventory constraints. In this submodel, warehouse variables still appear in order to model the ordering cost and the capacity constraints. To render this inventory submodel independent of warehouse decisions, the ordering costs are approximate and the two capacity constraints are relaxed into one global capacity constraint. I obtain a linear mixed integer multi-item inventory control model with one capacity constraint. In order to solve this inventory submodel, dualize the inventory and storage constraints and solve the lagrangian of this multi-product inventory submodel. The optimal value of the inventory variables is then used to solve the warehouse submodel. This warehouse submodel is obtained by eliminating costs and constraints related to the inventory problem in the global model and by fixing the value of the inventory variables to the value obtained when solving the inventory submodel. We obtain a mixed integer model where the two capacity constraints (one for each warehouse area) are considered in order to obtain a feasible solution.

The organization of the dissertation is as follows.

Chapters 1 give general topics.

Chapters 2 give comprehensive inventory definitions, cost of inventories, deterministic and sthochastic inventory control models.

Chapters 3 give a comprehensive literature survey on warehouse operation and inventory management. The scope of this survey is not limited to the specific problem I studied, but covers most of the important topics in the warehouse and inventory literature.

Chapters 4 give decompose global model in an inventory sub model and a warehouse submodel.

Those two submodels are solved sequentially in chapter 5: first the inventory submodel is solved and then the optimal value of the inventory variables are fixed and used to solve the warehouse submodel.

Finally, research results are summarized and future directions are given in chapter 6.

1. GİRİŞ

Stok bulundurmanın amaçları depo çeşitlerine göre farklılık göstermektedir. Depolar üretim için kullanılan, dağıtım için kullanılan ve ortak anlaşmalı olarak kullanılan depolar olmak üzere genel olarak sınıflandırılmaktadır (Van Den Berg ve Zijm, 1999). Stok bulundurma amaçları olarak müşteri gereksinimlerinin karşılanması, gereksiz işlerin arındırılması ve üretimde aksaklıkları engellemek verilebilir. Amaçları gerçekleştirebilmek için stok kontrolünün etkin bir şekilde yapılırken maliyetlerinde düşürülmesi gerekmektedir (Wild, 1999).

İşletmeler doğru ürünü, uygun fiyatla belirtilen zaman içerisinde müşteriye ulaştırabilmek için çalışmalar gerçekleştirmektedirler. Bu doğrultuda, üretim gerçekleştiren bir işletme müşterisine etkin zaman diliminde ulaşabilmek amacıyla ülkenin veya şehrin farklı konumlarına dağıtım depoları kurabilmektedir. Dağıtım depolarının amaçlarla uyum içerisinde çalışabilmesi için etkili bir stok kontrol ve depo yönetimi uygulamaları önem kazanmaktadır. Stokların alımı, depolanması ve dağıtım işlemlerinin etkili bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Tedarik zinciri içerisinde stoklar her aşamada bulunmaktadır ve stok taşıma maliyetleri bu stokların %20-40 arasında değerine karşılık gelmektedir (Ganeshan, 1999). Dağıtım depolarında bu depoların tedarikçi ve müşterileri göz önünde bulundurulursa sürekli bir stok yenileme işlemi(stok seviyesinin Q miktarda sipariş verilerek yenilenmesi) gerçekleştirilmektedir. Bu işlem için pazarın talebi ve deponun stok seviyesi bileşenlerini beraber düşünmek gerekmektedir. Yenileme işleminin etkin şekilde gerçekleştirilmesi için uygulanılacak olan stok kontrol politikası arz-talep dengesinin kurulması, ne kadar stok tutulacağı v.b noktalarda kilit bir rol oynamaktadır. Stok yenileme kavramını literatüre sokan Donaldson (1977) yenilenmenin müşteri talebine bağlı olarak lineer bir şekilde talepten etkilendiğini belirtmektedir. Bu çalışmayı temel alarak oluşturulan diğer çalışmalarda stok yenileme işleminin, sonlu veya sonsuz planlama zamanları, talep yapısı v.b noktalarla detaylı incelenmesiyle varyasyonları sunulmuştur. Yüksek miktarda stok bulundurmak müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilecektir ancak hem maliyet hem de depo alanı v.b kısıtlar nedeniyle uygun

olmayacaktır. Az miktarda stok bulundurmak hem müşteri ihtiyaçlarını karşılayamayacak hem de işletmenin imajını olumsuz yönde etkileyecektir. Bu nedenlerden dolayı mevcut enformasyonun bilgiye dönüştürülmesi ve bu bilginin uygulamaya geçirilmesi stok ve depo yönetimi için kritik önem taşımaktadır. Bu sayede yenileme işleminin hangi noktada ve ne aralıklarla gerçekleştirileceği belirlenebilecektir.

Etkili bir stok kontrol fonksiyonu için müşteri gereksinimi, ceza maliyeti ve operasyon maliyeti etkenleri beraber düşülmelidir. Birinci etken olan müşteri gereksinimlerinin karşılanmasında sorun yaşanması kısa vadede olmasa bile uzun vadede müşteriye kaybetme riski taşımaktadır. Moron (1996) makalesinde stokların net bir yarar sağlayarak uygulanan müşteri politikasına destek olabileceği veya ek bir maliyet getireceğini belirtmiştir. İkinci etken olan stok maliyetlerinde mevcut bulunan paranın değer kaybedip kaybetmeyeceği ve paranın faiz getirisinin elde stok bulundurmaktan iyi olup olmadığı sorusuna cevap bulmak gerekmektedir. Maity ve Maiti (2008) makalelerinde enflasyon etkisinin geçmişten günümüze var olduğunu ancak son on yılda gelişmekte olan Brezilya ve Arjantin gibi ülkelerde paranın alım gücünün azalmasıyla enflasyon etkisinin belirgin olduğunu bu nedenle enflasyon ve faiz oranlarının önemsenmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Üçüncü etken olan operasyon maliyetleri depo içerisinde gerçekleşebileceği gibi dağıtım kısmında da gerçekleşebilmektedir.

Geçtiğimiz 30 yıl içerisinde stok kontrolünün etkin sağlanabilmesi için gerek işletmelerde gerekse bilim dünyasında çok sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarının değerlendirilmesi adına performans ölçütleri geliştirilmiştir. Stok kontrol için üç anahtar performans ölçümü söz konusudur: Müşteri hizmet seviyesi, stoklar ve esneklik (Baskak ve Tanyaş, 2006). Stok yönetiminin amacını göz önünde bulundurursak bu ölçütlere ek olarak şu performans ölçütleri verilebilir: Zamanında dağıtım, stoklara ulaşım hızı (belirli bölgeler), stok yıpranma oranı ve toplam maliyet.

İlk olarak Harris (1915) tarafından geliştirilen ve Wilson tarafından formüle edilen Ekonomik Sipariş Miktarı Yöntemi (ESM) üzerine farklı bakış açıları ve varsayımlarla yaklaşılarak birçok model geliştirilmiştir. Stok kontrol modellerinde ne zaman ve ne kadar sipariş verilmesi gerektiği sorularıyla birlikte üzerinde durulan noktalar bulunmaktadır. Bu noktalardan birkaç tanesi oluşturulan çalışmalarda ve bu tez içerisinde önem arz etmektedir. Bu noktaların bazıları şunlardır.

Sipariş toplama aktivitesinin iyileştirilmesi, stok yıpranma oranları ve bekleyen sipariş (stok yetersizliği) durumu.

Sipariş toplama aktivitesi müşteriden gelen siparişler doğrultusunda depo içerisinden ürünlerin toplanarak sevkiyata hazır hale getirilmesi işlemidir. Bu işlem gerçekleşirken ürünlerin depo içerisinde rastsal olarak mı belirli olarak mı yerleştirildiği önemli bir etkidir. Coster ve diğerleri (2007) makalelerinde sipariş toplama aktivitesinin her deponun en yüksek maliyet kalemi olduğunu ve bu maliyetin yaklaşık olarak operasyon maliyetlerinin %55 'ini oluşturduğunu belirtmişlerdir. Aynı makale içerisinde bu aktivitenin yetersiz kalmasının tüm tedarik zincirinde olumsuz etkiler doğuracağından bahsedilmiştir. Toplama aktivitesinin iyileştirilmesi için deponun iki farklı alana ayrılması veya farklı bir alan kiralınması gibi yaklaşımlarla oluşturulan makaleler de mevcuttur. Topan ve diğerleri (2010) makalelerinde bir merkez ve diğer yerel depolar olmak üzere birden çok depo için model oluşturmuşlardır. Bu modelde yerel depoların merkezi depodan yenilendiğini ve harici meydana gelebilecek müşteri siparişlerinin bu depolardan karşılanacağı belirtilmiştir.

Stoklar geleneksel ESM yöntemiyle değerlendirildiğinde yıpranma veya bozulmaya uğramayacağı varsayılmaktadır. Ancak gerçek durum bununla örtüşmemektedir. Stoklar kurulum, bozulma, buharlaşma, sert elleçleme, kendi ömründen daha uzun stokta bulundurma v.b nedenlerden dolayı yıpranabilmektedir (Maity ve diğerleri, 2007).

Müşteri siparişleri karşılanamadığında stok yetersizliği nedeniyle elde bulundurmama (stok yetersizliği) durumu oluşmaktadır. Literatürde genel olarak, elde bulundurmama durumu oluştuğunda, maliyetin bekleyen sipariş (backorder) maliyeti ve kayıp satış (lost sales) maliyetlerinden oluştuğu vurgulanmakla beraber bekleyen sipariş için kısmi bekleyen sipariş ve tamamen bekleyen sipariş durumu olmak üzere iki farklı durumdan bahsedilmektedir. Değişik varsayımlar altında değerlendirildiğinde farklı anlamları olan bu durumlar için genelleme yapıldığında bekleyen sipariş durumunun kısmi olduğunda siparişin bir sonraki çevrimde karşılandığı ve müşteri kaybının yaşanmadığı, tamamen olduğunda ise siparişin karşılanamadığı ve müşteri kaybının yaşanabileceği anlaşılmaktadır. Wang (2002) makalesinde kısmi bekleyen sipariş durumunda stok yetersizliğinin (stockout) belirli bir oranda oluşacağını ve müşterilerin satın almadan vazgeçmesinden dolayı bir fırsat maliyeti oluşacağını belirtmiştir.

Bu çalışmada stok kontrolünün ve depo yapısının gerçeklerini daha iyi yansıtan bir problemin oluşturulması, modellenmesi ve çözülmesi amaçlanmıştır. Alan kısıtlı depolarda etkili bir stok kontrol yöntemi için, sipariş miktarının (Q) ve yeniden sipariş verme noktasının (R) ne miktarda olacağı, hangi ürünün hangi alanda tutulacağı, güvenlik stoğu miktarının bekleyen sipariş durumunu nasıl etkileyeceği, stokların yıpranma oranlarının ne düzeyde olduğu, stok yenileme işleminin kaç kere tekrarlanması gerektiği, seçilmesi gereken çevrim hizmet düzeyi (ÇHD) v.b birçok soruya cevap verilmesi gerekmektedir. Bu nedenle yıpranan ürünler için bekleyen sipariş durumu iki alanlı depo yapısı içerisinde sürekli gözden geçirmeye dayalı (Q,R) sistemiyle modellenecektir. Çalışmada ele alınan deponun iki farklı alandan oluştuğu varsayılacaktır. Deponun iki alana ayrılmasının sipariş toplama aktivitesini nasıl etkilediği incelenecektir. Kurulan model depo ve stok alt modelleri olmak üzere iki farklı modele ayrılacaktır. Stok alt modeli içerisinde sadece stok ile ilgili değişkenler bulunacak ve bu alt modelin sonuçları sabit tutularak, depo alt modeli çözülecektir. Çalışmanın amaçları, aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Siparişin ne miktarda ve ne zaman verileceğinin, hangi alanda tutulacağının belirlenmesi için model oluşturulması
2. Gerçek problemin verileriyle modelin çözülerek model çıktılarının farklı çevrim hizmet düzeyleri ile karşılaştırılması
3. Geliştirilen modelin gerçek bir depoda uygulanabilirliğinin test edilmesi

Tezin ilerleyen bölümleri şu şekilde organize edilmiştir: Bölüm 2’de stok kavramı, maliyetleri ve stok kontrol modelleri detaylı olarak incelerken örneklerle birlikte anlatılacaktır. Bölüm 3’de literatür araştırması yapılacak ve bu araştırma sonuçları değerlendirilecektir. Bölüm 4’de, oluşturulan problemin özellikleri aktarılacak, matematiksel model sunulacak, geliştirilen algoritma ayrıntılı bir şekilde anlatılacaktır. Bölüm 5’de uygulama sonuçları değerlendirilecek ve grafikler üzerinden yorumlar aktarılacaktır. Bölüm 6’da ise çıkarımlar, tezin literatüre katkısı ve gelecek çalışmalar için öneriler sunulacaktır.

2. STOK KAVRAMI VE STOK KONTROL MODELLERİ

2.1 Stok

İngilizce “stock” kelimesinden gelen stok sözcüğünün, yayınlanmış olan kitap ve makalelerde birçok kez tanımlaması yapılmıştır. Bu alt başlık içerisinde bu tanımlardan bazılarına da yer verilecektir. Stoklar tedarik zincirinin her aşamasında maddi getiri beklenen elle tutulur varlıklardır. İşletmelerin stoklara yatırım yapmasının ana nedeni budur. Ancak her zaman maddi getiri sağlamanın yanında risklerde barındırmaktadırlar. Yığın yapmak anlamına da gelen stok dikkatli olarak kontrolünün sağlanması gereken bir varlıktır. Buzdağının görünen kısımlarıyla ilgilenen işletmelerin bu dağın görünmeyen kısmında stokların yattığını unutmamaları gerekmektedir. Bu konuda akademik olarak yapılan tanımlamalarda, çalışmalarda ve modellemelerde bu kısmı göz önüne serebilmek amaçlanmaktadır. Stok genel anlamı itibariyle ekonomik bir değeri olan ve bekleyen herhangi bir kaynağı ifade eder. Bir başka tanıma göre ise; kullanılmayı veya satılmayı bekleyerek belirli bir süre atıl durumda tutulan ekonomik değere sahip kaynaklara (malzeme veya ürünler) stok denir (Gençyılmaz, 1988).

Stok, hareketsiz duran malzemeyi ifade eder, fiziksel varlığı gösterir. Envanter ise, daha geniş kapsamlı olup bu kaynaklara ek olarak insan ve parayı da içerir. Ancak envanter fiziksel varlığı değil, parasal değeri ifade eder (Yenersoy, 1990).

İşletmelerde dört tür stok bulunmaktadır. Hammadde, yarı mamul, mamul ve yardımcı malzeme. Hammadde tedarikçiden alınan işlenmemiş ürünü, yarı mamul işleme sürecinde olan ürünü, mamul üretimden çıkmış ürünü, yardımcı malzeme asli ürün olmayan fakat üretimde yardımcı olan ürünleri ifade etmektedir.

Stoklar işlevlerine göre de sınıflandırılabilirler. Bu sınıflandırmalardan bazıları şunlardır (Tanyaş ve Baskak, 2006).

Çevrim (Cycle) Stoğu: Ürünler ve malzemeler, partiler hâlinde sipariş edilirler. Dolayısıyla tüketim sürerken bir kısım stokta bekler. Bir satınalma veya üretim

partisine karşılık gelen ve her parti için ikmal edilen stok miktarı, çevrim stoğu olarak düşünülür.

Tampon Stok (Buffer) veya Ara Stok: Üretim akışını düzenlemek için iş merkezleri arasında tutulan stoktur.

Güvenlik (Safety) Stoğu: Çevrim stoğunun dışında belirsiz talep ve belirsiz tedârik süresine karşılık olarak tutulur. Zorunlu kalmadıkça kullanılmamaya çalışılır.

Mevsimsel (Seasonal) Stok: Mevsimsel stok, bir mevsim başlamadan önce mevsim boyunca oluşacak tüketimi karşılamak üzere tutulan stoktur. Örneğin kırtasiye sektöründe okul öncesi dönemde daha fazla stok bulundurulur.

Spekülatif Stok: Oluşabilecek fiyat değişimlerine karşı üstünlük sağlayabilmek için tutulan stoktur.

Promosyon Stoğu: Pazarlama kapsamında yapılan promosyon (indirimli satış, hediye satış vb.) durumlarında oluşabilecek fazla satışlar için bulundurulmuş stoktur.

Konsinye (Consignment) Stok: Malzeme teslim alındığında değil, kullanıldığında ödemesi yapılan stoklardır. Bu stoklar, fiilen müşteride durmalarına rağmen, ödemesi yapılan kadar tedarikçiye ait olup, müşteri tarafından kullanılmayan kısım iade olur.

Transit Stokları: Transit deyişi, ürünlerin bir yerden başka bir yere nakli sırasında kullanılır. Çevrim stoklarının bir parçası olarak da düşünülebilir. Yoldaki (sipariş edilmiş) stok olarak da adlandırılır. Çünkü kullanıma ve satışa hazır değildir.

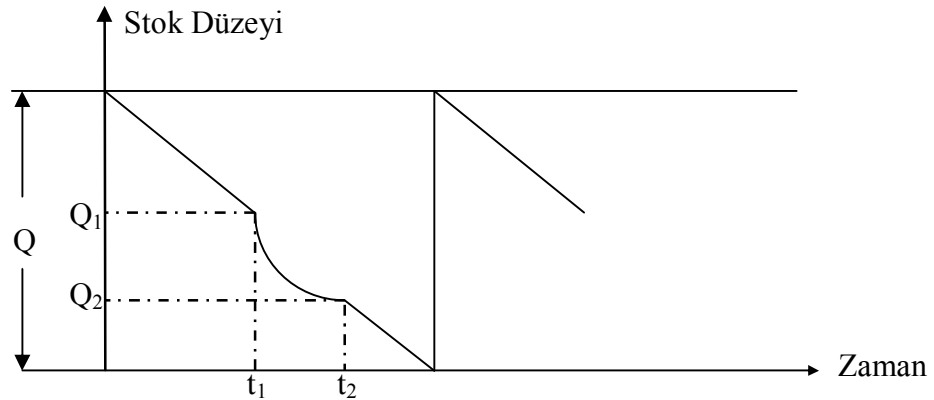
Ölü Stok: Herhangi bir şekilde artık kullanılamayacak (hurda) durumda olan malzemelerdir. Bunlar satılarak, gelir elde edilebilir.

Atıl Stok: Belirli bir süre boyunca hareket görmeyen malzemelerdir.

2.2 Stok Yıpranmaları ve Oluşan Stok Riski

Stoklar geleneksel Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM) modeline göre değerlendirildiğinde herhangi yıpranma veya bozulma yaşamadıkları varsayılmaktadır. Ancak gerçek depo ortamlarında durum bundan farklı bir seyir izlemektedir. Gerçekleştirilen birçok stok modellemesinde taleplerin karşılanması için stokların süre kısıtlaması olmaksızın depolarda bekletildiği ancak stokların değer kaybı yaşamadan tutulamayacağı göz önünde bulundurulmaktadır. Stoklar değişik nedenlerden dolayı yıpranabilmektedir. Örneğin; bir yemek işletmesinin dağıtım deposunun saklama koşulları standartlardan sapma gösterdiği zaman bu büyük oranda bozulmalara neden

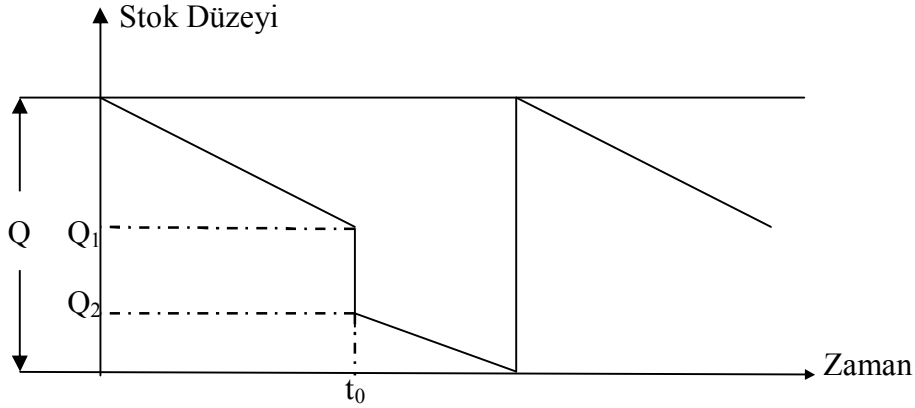
olabilecektir. Aynı şekilde bir otomobil jantı üreten işletmede alan kapasitesinin sınırlı olması ve yüksek işlem hacminden dolayı ürünlerin taşınması esnasında çarpışmalar meydana gelebilecek bunun sonucunda ürün kaybı yaşanabilecektir. Ürünlerin telafisi olmayan yıpranmaları veya bozulmalarının önlenmesi için literatürde ki çalışmalarda bu konuya sıkça değinilmektedir. Yıpranma veya bozulma(çürüme) kavramı ilk olarak Wee (1993) tarafından ortaya atılmıştır ve bozulma, eskime v.b nedenlerden dolayı stokların net değerinde azalma meydana geleceği bununda elde edilen faydada düşmelere neden olacağı belirtilmiştir. Yıpranmalar ürün miktarında azalmalara yol açacağından dolayı önemli olan nokta, stokların müşteri taleplerini ve yıpranan ürün sayısını karşılayacak seviyede olmasıdır (Young ve diğerleri, 2010). Aynı çalışma içerisinde tek bir depo yerine birden çok dağıtım deposunun bulunmasının zamanlama dikkate alındığında müşteriye ulaşım ve yıpranmaların azalmasında önemli rol oynayacağı belirtilmiştir. Bu çalışmada da müşteri taleplerini karşılayabilmek için gerçek depolarda kaçınılmaz durum olan yıpranmalar ek kapasite miktarının bir parçası olarak modelde yer bulacaktır. Yıpranmalar sadece ürünlerin fiziksel olarak bozulmaya uğraması olarak değerlendirilmemektedir. Örneğin; uçak parçaları için teknolojik yarılanma ömürlerini tamamladıklarında değer kaybından kaynaklanan bir yıpranma meydana gelmektedir (Goyal ve Giri, 2001). Literatürde, yıpranan ürün sayısının belirlenmesinde akademisyenler üstel v.b fonksiyonlara uygun olarak bozulma gösteren değişik yöntemler önermişlerdir. Bu yöntemlerin yanında yıpranmaları oran olarak gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmalarda farklı alanlar için farklı oranları gösteren α ve β notasyonları kullanılmıştır. Bu oranlar talebin yapısına göre farklılık gösterebilmektedir. Bu çalışma içerisinde Θ notasyonu kullanılacaktır.



Şekil 2.1 : Olasılık dağılımına uygun olarak gerçekleşen yıpranmalar.

Şekil 2.1’de yıpranma veya bozulma yaşandığı durumlarda t_1 ve t_2 zaman dilimleri arasında stok miktarında bir azalma meydana geleceği ve bu azalmanın dağılıma uygun olarak $Q_1 - Q_2$ stok seviyeleri arasında oluşacağı gözükmemektedir. Bu azalma, yaşanabilecek yıpranma herhangi bir olasılık dağılımına uygun olduğundan dolayı eğrisel olarak şekilde gösterilmiştir.

Şekil 2.2’de herhangi bir olasılık dağılımına uygun olmadan yaşanabilecek yıpranmaların sonucu stok miktarında ki azalma gösterilmektedir.



Şekil 2.2 : Oranlara uygun olarak gerçekleşen yıpranmalar.

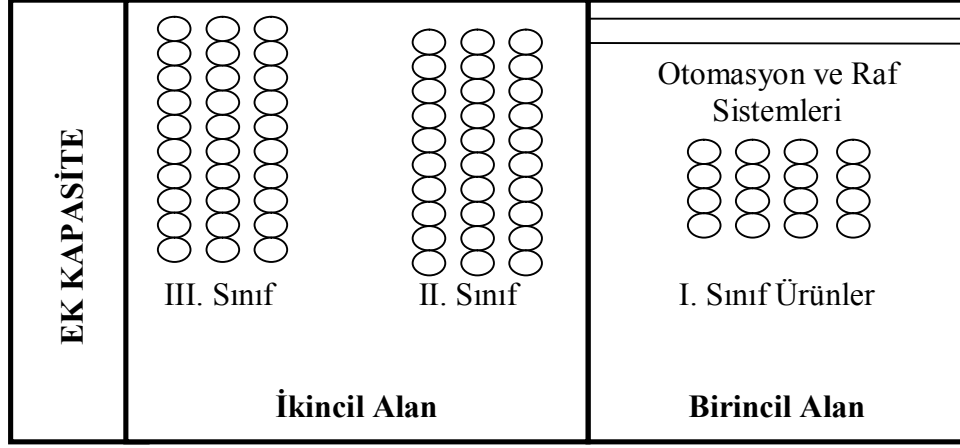
Şekil 2.2’de herhangi bir olasılık dağılımına uygun olmadan sadece yıpranma oranlarının bilindiği durumda yıpranmalardan dolayı stoklarda ki azalış herhangi bir t_0 anında ani bir Q_1-Q_2 farkı kadar azalış olarak gösterilmektedir.

Depo ortamlarında yıpranma oranlarının azaltılabilmesi için alınacak önlemler daha önceden gerçekleştirilen çalışmalarda belirtilmiştir. Bunlar;

- Ürünlerin değerlerine göre sınıflandırılması
- Raf sistemi oluşturulması ve eniyilenmesi
- Taşımaların mesai saatleri dışında gerçekleştirilmesi
- Otomasyon sistemine geçilmesi
- Ürün saklama standartlarına uygun olarak stokların korunması

yukarıda belirtildiği gibi genel olarak sıralanabilir.

Şekil 2.3’de depo yapısı görsel olarak ifade edilmeye çalışılmıştır. Depo içerisinde yapılan operasyonlar dikkate alındığında stokların taşınma aktivitesinin boş zamanlarda yapılması çarpışmalardan oluşan kaybı azaltacaktır. Stokların kalite standartlarına veya belirlenen diğer standartlara uygun olarak korunması da ilgili konuda iyileştirmeler sağlayacaktır.



Şekil 2.3 : Kısıtlı ve iki alanlı depo yapısı.

2.3 Genel Stok Maliyetleri

2.3.1 Ana maliyetler

Stok kontrol modellerinde maliyet faktörleri büyük önem taşımaktadır. Yenileme faaliyetleri, elde bulundurmama (stok yetersizliği) maliyetleri, yönetim masrafları ve rutin olarak yenilenen stok kararları büyük maliyetlere yol açmaktadır (San Jose ve Garcia-Laguna, 2009). Gerçekleştirilen birçok çalışmada bu çalışmada olacağı gibi maliyet esaslı stok kontrol modelleri geliştirilmektedir. Maliyetler eniyileme politikalarının belirlenmesinde büyük önem taşıdığından dolayı her bir maliyet kalemi ayrıntılı olarak incelenecektir. Üç çeşit ana maliyet kalemi bulunmaktadır. (Tanyaş ve Baskak, 2006)

- Elde Bulundurma (Stok Bulundurma, Stok Taşıma, Elde Tutma) Maliyeti
- Sipariş ve Üretim Hazırlık Maliyeti
- Elde Bulundurmama (Stok Tutmama) Maliyeti

2.3.1.1 Elde bulundurma çeşitleri ve maliyetleri

Elde bulundurma maliyeti stoklarda ki ürünlerin getireceği mali külfeti ölçmek için kullanılır. Elde bulundurma maliyetinin değişkenliği ürünleri stokta tutmanın süresiyle ilgilidir (Weiss, 1982). Bu ana maliyetin beş çeşit bileşeni bulunmaktadır.

- Sermaye Maliyeti
- Depolama ve Elleçleme Maliyeti
- Stok Riski Maliyeti
- Stok Hizmet Maliyeti
- Vergi

Sermaye maliyeti (SM) geleneksel maliyet yaklaşımı içerisinde değerlendirildiğinde, stoğa yatırılan paranın faiz getirisi ve fırsat maliyeti olarak değerlendirilebilir (Teunter ve diğerleri, 2000). Bu anlamda sermaye maliyeti Denklem 2.1 ile hesaplanabilir:

$$\text{Sermaye Maliyeti (SM)} = \text{Birim Maliyet} * (\text{Getiri Oranı} - \text{Stoğun Değer Kazanma Oranı}) \quad (2.1)$$

Örneğin birim maliyet 100 PB olan, yıllık getiri oranının %20 olduğu ve stoğun değer kazanmasının belirgin olmadığı durum için sermaye maliyeti şu şekilde hesaplanır:

$$SM = 100 \text{ PB/adet} * (\%20 - 0) / \text{yıl} = 20 \text{ PB/dönem}$$

Depolama ve elleçleme maliyeti (DEM) hesaplanmasında deponun ne kadar kullanıldığı önem arz etmektedir. Chazal ve diğerleri (2003) makalelerinde, ürünlerin depoya giriş ve çıkışlarının aynı oranda olduğunda depolama maliyet kaleminde maksimum fayda sağlanabileceğini ancak bu durumun ancak anlık satış yapıldığında oluşacağını belirtmişlerdir. Bu bilgiler ışığında depolama ve elleçleme maliyeti Denklem 2.2 ile hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} \text{Depolama ve Elleçleme Maliyeti (DEM)} = & \\ & [\text{Yıllık Depolama Gideri} * (\text{Sözkonusu Malzeme için Ortalama} \\ & \text{Kullanılan Hacim} / \text{Toplam Kullanılan Depolama Hacmi})] / \\ & \text{Yıllık Ortalama Stok Miktarı} \end{aligned} \quad (2.1)$$

Örneğin; yıllık depolama gideri 200.000 PB ve belirli bir dönemde toplam kullanılan depolama hacmi 200 m³ olan bir depoda, öngörülen malzeme için ayrılmış olan hacim 2 m³ ve bu malzemenin yıllık ortalama stok miktarı 1.000 adet ise depolama ve elleçleme maliyeti şu şekilde hesaplanır:

$$\begin{aligned} DEM &= [200.000 \text{ PB/yıl} * (2 \text{ m}^3 / 200 \text{ m}^3)] / 1.000 \text{ adet} \\ &= 2 \text{ PB/dönem} \end{aligned}$$

Stok riski maliyetinin (SRM) önemi, nasıl oluştuğu ve önlenmesi adına alınacak önlemler bir önceki alt bölümde ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Bir önceki bölümde değinildiği gibi literatürde bu maliyetin hesaplanmasında dağılımlar kullanılarak veya oranlar belirlenerek hesaplamalar yapılmaktadır. Genel olarak yıpranma maliyeti Denklem 2.3 ile hesaplanabilir:

$$\text{Stok Riski Maliyeti (SRM)} = \text{Birim Maliyet} * \text{Yıllık Kayıp Oranı} \quad (2.3)$$

Örneğin birim maliyeti 100 PB olan bir malzemenin yıllık kayıp oranının geçmiş yıllarda ortalama %1 olduğu belirlenmiştir. Bu durumda stok riski maliyeti şu şekilde hesaplanır:

$$SRM = 100 \text{ PB/adet} * \%1 / \text{yıl} = 1 \text{ PB/dönem}$$

Stok hizmet maliyeti (SHM) Denklem 2.4 ile hesaplanabilir:

$$SHM = \text{Birim maliyet} * \text{Yıllık hizmet maliyet oranı} * \text{ÇHD} \quad (2.4)$$

Örneğin birim maliyeti 100 PB olan bir malzemenin yıllık hizmet maliyeti oranının %2 ve çevrim hizmet düzeyinin %96 olduğu düşünülmektedir. Bu durumda stok hizmet maliyeti şu şekilde hesaplanır:

$$SHM = 100 \text{ PB/adet} * \%2 / \text{yıl} * \%96 = 1.92 \text{ PB/dönem}$$

Vergi stokların mali yılsonunda aktif olarak bir sonraki yıla devretmesi durumunda oluşmaktadır.

Bu durumda ana maliyet kalemi olan elde bulundurma maliyeti (C_H) Denklem 2.5 ile hesaplanacaktır:

$$\begin{aligned} \text{Elde Bulundurma Maliyeti } (C_H) = \\ \text{Sermaye Maliyeti} + \text{Depolama ve Elleçleme Maliyeti} + \\ \text{Stok Riski Maliyeti} + \text{Stok Hizmet Maliyeti} \end{aligned} \quad (2.5)$$

Yukarıdaki örnek durum için elde bulundurma maliyeti şöyle bulunur:

$$C_H = SM + DEM + SRM + SHM = 20 + 2 + 1 + 1.92 = 24.2 \text{ PB/dönem}$$

2.3.1.2 Sipariş maliyeti

Sipariş ve üretim hazırlık maliyeti olarak adlandırılan ve üç ana maliyet kaleminden biri olan bu maliyet türü için bu çalışma içerisinde sipariş maliyeti (C_I) değerlendirilecektir. Verilen her sipariş partisi için tedarik işlemleri masrafları oluşacaktır. Sipariş miktarlarının yüksek tutulması bu maliyet kalemini azaltabilecek olsa bile yapılan çalışmalar göstermektedir ki, alıcı ve satıcı arasında ki uyum bu anlamda daha fazla önem kazanmaktadır. Her ne kadar sipariş maliyet kalemi toplam maliyette küçük rol oynuyor gibi gözükse de, Chang ve diğerleri (2006) kurdukları modellerde sipariş miktarının, servis düzeyinin ve rekabet edilebilirliğin dolaylı veya dolaysız olarak sipariş maliyetinden etkilendiğini göstermişlerdir. Sipariş maliyeti Denklem 2.6 ile hesaplanabilir:

$$\text{Sipariş Maliyeti (C}_1\text{)} = \frac{\text{Yıllık Tedarik İşlemleri Toplam Gideri (Malın Satınalma Gideri hariç) / Toplam Sipariş Sayısı}}{\text{(2.6)}}$$

Örneğin toplam 1.000 siparişin yıllık tedarik işlemleri toplam gideri 50.000 PB ise sipariş maliyeti şu şekilde hesaplanır:

$$C_1 = 50.000 \text{ PB} / 1.000 \text{ sipariş} = 50 \text{ PB/sipariş}$$

2.3.1.3 Elde bulundurmama çeşitleri ve maliyetleri

Bu maliyet kalemi gelen siparişin karşılanamaması durumunda oluşmaktadır. Bu durumda iki farklı maliyetten bahsetmek mümkündür.

- Bekleyen Sipariş (backorder) Maliyeti
 - Kısmi Bekleyen Sipariş Maliyeti
 - Tamamen Bekleyen Sipariş Maliyeti
- Kayıp Satış Maliyeti

Kısmi bekleyen sipariş maliyeti kaleminde genel olarak siparişin bir sonraki çevrim içerisinde karşılandığı, müşterinin beklediği ve müşteri kaybının yaşanmadığı varsayılmaktadır. İlk olarak Papachristos ve Skouri (2000) makalelerinde deterministik talep ve belirli yıpranma oranları varsayımlarıyla azalan kısmi bekleyen sipariş oranı ve artan müşteri bekleme zamanlarını incelemiştir. Papachristos ve Skouri (2000) makalesini temel alarak farklı varsayımlarla birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu makalelerden bir tanesi de Yang (2000) tarafından oluşturulmuştur. Yang (2000) makalesinde, özellikle yüksek talebin olduğu ve sezonluk ürünlerde müşterilerin beklemesinin sağlanması için elde bulundurmama (stok bulundurmama) durumu yaşanan periyodun süresinin azaltılması gerektiğini belirtmektedir. Buradaki maliyet, müşterilerine ürün sunan biri için müşteri gözündeki değerin kaybı, kârın gecikmeli gelmesinden ötürü kayıp, ekstra kayıt masrafları şeklinde oluşur.

Tamamen bekleyen sipariş maliyeti genellikle yüksek talebin olduğu sezonluk ürünlerde meydana gelmektedir. Bu maliyet kaleminde genel olarak siparişlerin karşılanamadığı ve bunun sonucunda müşterinin beklemeyerek siparişini iptal ettiği veya bir daha sipariş vermediği varsayılmaktadır. Bu varsayımın yanı sıra, müşterinin belirli bir tazminat miktarı teklif edilmesiyle birlikte belirli bir süre beklediği ve bu sürenin aşımından sonra

ek bir elde bulundurmama maliyetinin daha oluştuğu varsayımı da bulunmaktadır. Bunun sonucu olarak sabit ve değişken olmak üzere iki farklı maliyet oluşmaktadır. San Jose ve Garcia-Laguna (2003) yayınladıkları makalede sadece sabit bir elde bulundurmama maliyeti oluştuğu varsayımıyla hareket ederken 2009 yılında yayınlamış oldukları makalede maliyetin hem sabit hem değişken elde bulundurmama maliyeti bileşenlerinden oluştuğu varsayımlarını kullanmışlardır. Bu örnekten anlaşılabileceği gibi varsayımlar değiştirilerek bu maliyet kalemiyle ilgili birçok çalışma gerçekleştirilmiş ve gerçekleştirilebilecektir.

Lodree (2007), makalesinde bu maliyetin müşteri ile yapılan sözleşmede belirlenen elde bulundurmamadan kaynaklanan ceza tutarı olarak gerçekleşebileceğini belirtmiştir. Hiller ve Lieberman (1995) stok yetersizliği yaşanması durumunda bunun ya acil bir sipariş ile karşılanabileceğini ya da karşılanamayacağını ve birinci durumda maliyetin acil sipariş maliyeti kadar olacağını ikinci durumda ise yani karşılanamadığında hem cirodan-gelirden kayıp olacağını hem de gelecek dönemlerde ticari kayıplar meydana geleceğini belirtmiştir.

Bekleyen sipariş maliyeti Denklem 2.7 ile hesaplanabilir:

Bekleyen Sipariş Maliyeti (K) (Backorder Cost) =

$$\text{Birim Kâr} * \text{Bekleme Süresi} * \text{Getiri Oranı} * \text{İmaj Kaybı Katsayısı} \quad (2.7)$$

Örneğin 100 PB/adet birim kâr ile satılan bir ürün için gelen siparişin 6 ay geç teslim edildiği, getiri oranının %20 olduğu ve imaj kaybı katsayısının şirket pazarlama bölümü tarafından 2 olarak belirlendiği durum için bekleyen sipariş maliyeti şu şekilde hesaplanır:

$$K = 100 \text{ PB/adet} * \frac{1}{2} \text{ yıl} * \%20/\text{yıl} * 2 = 20 \text{ PB/birim}$$

Kayıp satış maliyeti Denklem 2.8 ile hesaplanabilir:

Kayıp Satış Maliyeti (T1) =

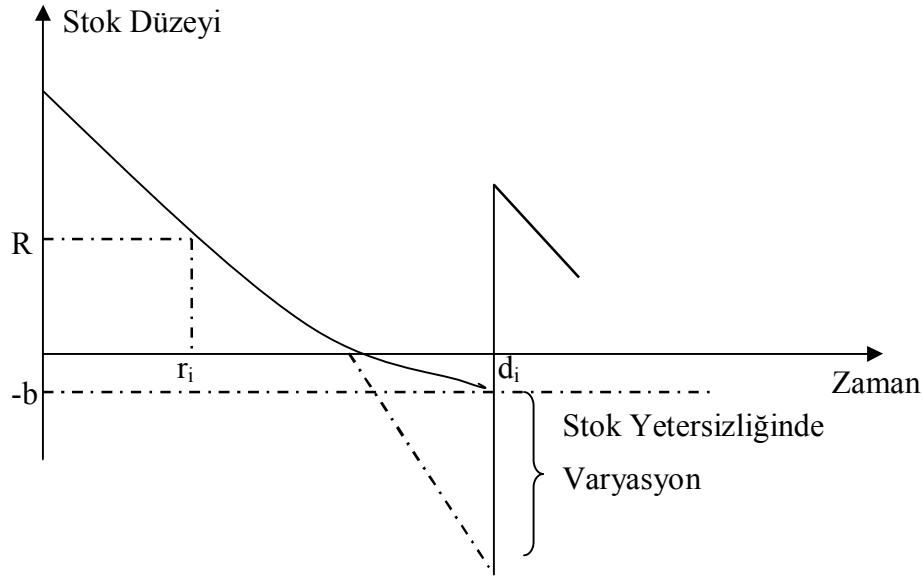
$$\text{Birim Kâr} * \text{Yıllık Satış Miktarı} * 7 \text{ Yıl} * 8 \text{ Kayıp Müşteri} \quad (2.8)$$

Örneğin 100 PB/adet birim kâr ile satılan bir ürünü tedarik eden bir müşteriye olan yıllık satışın 10 adet olduğunu varsayalım. Bu müşterinin kaybedilmesi durumunda kayıp satış maliyeti şu şekilde hesaplanır:

$$\begin{aligned} T1 &= 100 \text{ PB/adet} * 10 \text{ adet/yıl} * 7 \text{ yıl/kayıp müşteri} * 8 \text{ kayıp müşteri} \\ &= 560.000 \text{ PB} \end{aligned}$$

Elde bulundurmama(stok bulundurmama) durumu tedarik zamanında ki talebin belirsizliğinden kaynaklanmaktadır. Bu belirsizliğin sonucu olarak yukarıda

bahsedilen her iki durumunda oluşma olasılığı bulunmaktadır. şekil 2.4 bunu ifade etmektedir.



şekil 2.4 : Stok yetersizliği ve yaşanabilecek varyasyon.

r_i : Sipariş verme zamanı [gün]

d_i : Sipariş teslim alma zamanı [gün]

$-b$: Maliyetin çeşidini belirleyen stok yetersizliği [gün]

şekil 2.4’de görülebileceği üzere sipariş verme anı (r) ile teslim alma zamanı (d) arasında bir tedarik etme zamanı (L) bulunmaktadır. Tedarik etme zamanı içerisinde müşterilerin talepleri belirsiz olduğunda sipariş karşılayamama durumu ile karşılaşılabilmektedir. Bu durumda stok yetersizliğinin (S_R) ne miktarda oluşacağı önem arz etmektedir. Maliyetin ne tür oluşacağı b ’ ye bağlıdır. Eğer b sıfıra eşit olursa oluşacak maliyet kayıp satış maliyeti, eğer b yüksek bir değer olursa oluşacak maliyet bekleyen sipariş maliyeti olarak oluşacaktır. Bu alışma içerisinde müşterinin sadık olduğu durumlar için bekleyen sipariş maliyeti ele alınacaktır.

Sipariş karşılayamama durumunda müşterinin sadık olduğu varsayımı altında bir sonraki teslimatta sipariş karşılanmaktadır. Ancak, müşteri sadık olmadığında ve yaşanan elde bulundurmama periyodunun süresi ve büyüklüğü arttıkça müşteri kaybedilebilmekte aynı zamanda cezai yaptırımlarla karşılaşılabilmektedir.

2.3.2 Alt maliyetler

2.3.2.1 Yenileme çeşitleri ve maliyetleri

İki tip yenileme aktivitesi bulunmaktadır. Bunlar eşzamanlı yenileme (EY) ve üst düzey yenilemedir (UY). Yenileme aktivitesi depo içerisinde bulunan birincil ve ikincil alan arasında gerçekleştirilmektedir. Dönem başında ikincil alandan birincil alana üst düzey yenileme (UY) gerçekleştirilmekte ve dönem içerisinde birincil alanda ki stok miktarı yeniden sipariş noktasının (R) altına düştüğünde ikincil alandan birincil alana eşzamanlı yenileme (EY) gerçekleştirilmektedir.

Eşzamanlı yenileme mesai saatleri ve toplama aktivitesi gerçekleştirilirken yapılan yenileme iken, üst düzey yenileme boş ve toplama aktivitesinin gerçekleşmediği zamanlarda yapılan yenilemedir (Sharp ve diğerleri, 1998).

Bartholdi ve Hackman (2010), çalışmalarında yenileme ve sipariş toplama aktivitesinin eşzamanlı olarak gerçekleştirilmemesinin gerektiğini açıklamaktadırlar. Yenileme aktivitesi boş zamanlarda gerçekleşirse siparişe göre toplama aktivitesi kesintiye uğramayacaktır.

Yenileme aktivitesi önemli bir maliyet kalemi olmakla beraber, sadece ürünlerin taşınmasından oluşan işgücü maliyetini değil aynı zamanda ürünlerin hızlı ve doğru şekilde belirlenen alanlara (en üst raftan en alt rafa) yerleştirilmesinin maliyetini de kapsamaktadır (Rouwenhorst ve diğerleri, 2000).

Bu bilgiler ışığında eşzamanlı yenileme (EYM) ve üst düzey yenileme (UYM) işlemlerinin maliyetleri Denklem 2.9 ve 2.10 ile hesaplanabilir:

$$\text{UYM} = \text{Taşımadan ve Yerleştirmeden Kaynaklanan İşgücü Maliyeti} \quad (2.9)$$

$$\text{EYM} = \text{UYM} + \text{Kazalardan Oluşabilecek Maliyetler} \quad (2.10)$$

2.3.2.2 Sipariş toplama aktivitesi ve maliyeti

Sipariş toplama aktivitesi siparişlerin gruplandırılması, stokların siparişlere atanması, ürünlerin toplanması gibi alt aktivitelerden oluşur.

Müşteri siparişlerine hızlı ve etkin bir şekilde karşılık vermek için toplama aktivitesinin etkin şekilde yapılması gerekmektedir. Verimli bir toplama işleminin gerçekleştirilmesi toplama metodunun da doğru şekilde belirlenebilmesine bağlıdır.

Bu alt başlık içerisinde bölgesel toplama ve kümesel toplama metotlarına değinilecektir.

Bölgesel toplama metodunda depo belirli alanlara ayrılır ve sipariş toplayıcılar o alanlara atanarak toplama aktivitesini yürütürler (Gagliardi ve diğerleri, 2008). Siparişler belirli bir bölgede toplanır ve taşıyıcı sistemler ile başka bir bölgeye aktarılır. Bölgesel toplama metodunun maliyeti yıpranan ürünlerin toplanma maliyetlerini de içermekle birlikte Denklem 2.11 ile hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} TM_B &= \text{İşçilik Mal.} + \text{Gezme Mal.} + \text{Arama Mal.} \\ &+ \text{Toplama Mal.} + \text{Taşıma Mal.} + \text{diğer Mal.} \end{aligned} \quad (2.11)$$

Kümesel toplama metodunda sipariş toplayıcı konsolide toplama listesi ile bir defada bir kümedeki birden fazla siparişi aynı anda toplar. Bartholdi ve Hackman (2010) makalelerinde bu metodun toplama zamanında azalma sağladığını belirtmektedirler. Kümesel toplama metodunun maliyeti yıpranan ürünlerin toplanma maliyetlerini de içermekle birlikte Denklem 2.12 ile hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} TM_I &= \text{İşçilik Mal.} + \text{Gezme Mal.} + \text{Arama Mal.} \\ &+ \text{Toplama Mal.} + \text{Taşıma Mal.} + \text{diğer Mal.} \end{aligned} \quad (2.12)$$

2.4 Stok Kontrol Modellerinin Sınıflandırılması

Stok yönetiminin temel hedefleri baz alınarak ve yukarıda bahsedilen maliyetler kullanılarak maliyet esaslı birçok stok kontrol modeli oluşturulmuştur. Temel ayırım talep faktörünü dikkate alınarak yapıldığında, talebin biliniyor olup olmamasına göre, deterministik ve olasılıklı stok kontrol modelleri ortaya çıkmıştır.

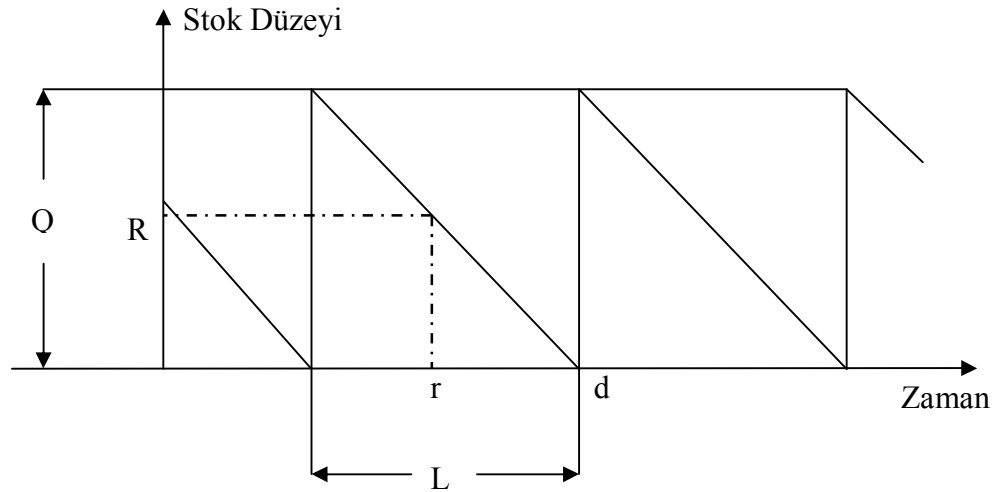
Her stok kontrol modelinde amaç ne zaman ve ne kadar stok yenilenmesinin yapılacağına karar vermektir. Karar verebilmek için doğru değişkenlerle doğru matematik modellemenin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada da elde ki tüm maliyetler modele eklenerek en düşük maliyetle beraber stok kararlarının alınması amaçlanmaktadır.

1950 'li yıllara kadar deterministik modellerle yapılan çalışmalardan sonra olasılıklı modeller geliştirilmeye başlanmıştır. Bellman (1957) tarafından geliştirilen dinamik programlama yöntemiyle birlikte olasılıklı modellemelerin kullanımı artmıştır.

2.4.1 Deterministik modeller

Deterministik modellerin uygulanabilmesi için talebin düzgün olması, değişmemesi ve tedarik süresinin bilinmesi gerekmektedir. Talebin düzgün olmadığı yani bağımlı talep yapısında ise MRP (Materials Requirement Planning) uygulanabilmektedir.

Deterministik modellerin en bilineni Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM) modelidir. ESM modelinde sabit sipariş miktarının bulunması için değişken maliyetler göz önüne alınarak işlem yapılır.



Şekil 2.5 : Deterministik stok modeli.

Q: Sipariş Miktarı [birim/sipariş]

R: Yeniden Sipariş Noktası [birim]

r: Sipariş verme anı [gün]

d: Sipariş teslim alma anı [gün]

Şekil 2.5’de stok seviyesi yeniden sipariş noktası (R) seviyesine düştüğünde r zamanında sipariş verilir ve d zamanında sipariş teslim alınarak tekrar stok seviyesi yükseltilmiş olur. Talep deterministik olduğundan dolayı elde bulundurmama yaşanması söz konusu değildir. Burada bir diğer önemli unsur çevrimdir. Çevrim süresi sipariş miktarının, talebe bölünmesi sonucu bulunabilir.

Toplam maliyet daha önceki bölümlerde ifade edildiği gibi Denklem 2.13 ile hesaplanacaktır:

$$TC = C_I * D / Q + C_H * Q / 2 \quad (2.13)$$

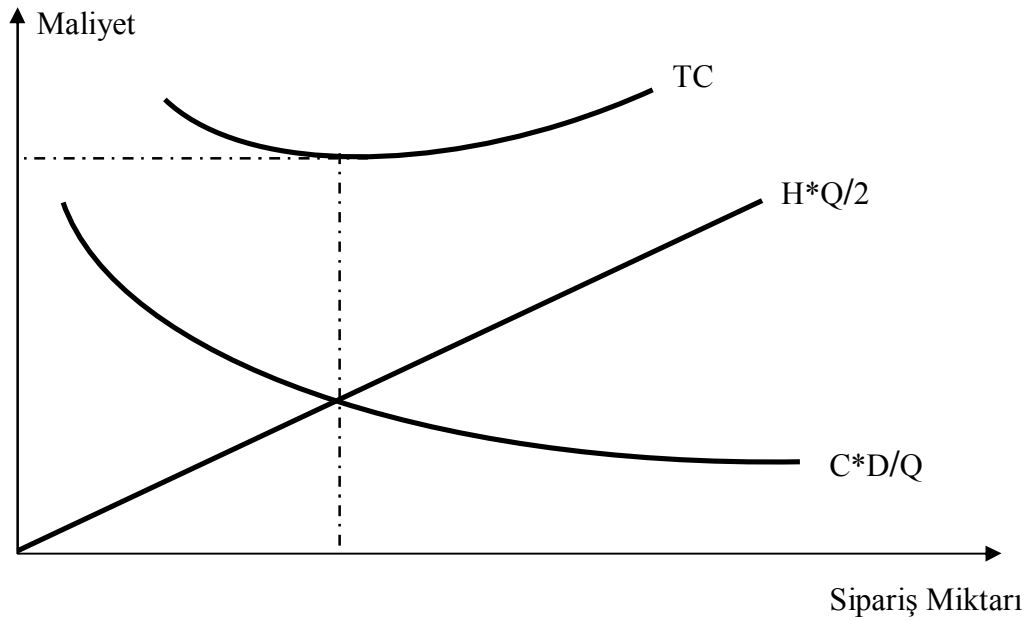
D : Dönemsel talep miktarı [birim/dönem]

C_I : Sipariş partisi başına sipariş maliyeti [PB/sipariş]

C_H : Birim başına dönemsel elde bulundurma maliyeti [PB/dönem]

Q : Sipariş miktarı [birim/sipariş]

Dönemsel sipariş maliyeti, bir dönemdeki sipariş sayısı ile (D/Q) sipariş maliyetinin (C_I) çarpılması sonucunda bulunmaktadır. Dönemsel elde bulundurma maliyeti ise dönemsel ortalama stok miktarı ($Q/2$) ile bir birim ürünü bir dönem elde bulundurma maliyetinin (C_H) çarpılması yoluyla bulunur. Bu iki maliyetin toplamı ise dönemsel toplam stok maliyetini vermektedir.



Şekil 2.6 : Maliyet (Selçuk, 2007).

Şekil 2.6’da görülebileceği gibi toplam maliyet, elde bulundurma maliyeti ve sipariş maliyeti gibi iki değişkenden etkilenmektedir. Burada önemli olan toplam maliyeti en küçükleyecek sipariş miktarının (Q) bulunmasıdır. Şekil 2.6’da toplam maliyet eğri şeklindedir, bu eğrinin en alt noktaya inebilmesi için içerisinde bulunan ve bizim bilmediğimiz sipariş miktarı (Q) değişkenine göre kısmi türevinin alınması ve sıfıra eşitlenerek Q ’nun çekilmesi gerekmektedir.

Türevi alınmış formülden Q çekildiğinde Denklem 2.14 elde edilmektedir.

$$Q_i = \sqrt{2C_I D_i / C_{H_i}} \quad (2.14)$$

Bu formül bilinen ekonomik sipariş miktarı modelidir. Bu formülün işleyişinde aşağıdaki varsayımlar kullanılmaktadır (Akyurt, 2009).

- Talep hızı biliniyor, sabit ve sürekli.
- Sürekli gözden geçirme vardır.

- Tüm maliyetler sabittir.
- Elde bulundurmamaya izin verilmez.
- Yenileme biranda gerçekleşir.

2.4.2 Olasılıklı stok kontrol modelleri

Stokla ilgili tüm değişkenlerin sabit ve biliniyor olduğu modeller deterministik olarak tanımlanmıştır. Eğer bu değişkenlerden biri veya hepsi için bir belirsizlik varsa başka bir ifade ile değişkenler bir olasılık dağılımına uyup rastsal değişken olarak ifade edilirse bu takdirde karşılaşılan stok modeline olasılıklı veya stokastik denmektedir.

Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM) modeli deterministik durumlarda kullanışlıdır. Değişimin yüksek olduğu olasılıklı durumlarda kullanılması pek uygun değildir. Ancak tek bir değişken olasılıklı ve değeri kestirilebiliyorsa ESM modeli kullanılabilir (Walters, 2003).

Olasılıklı modeller sürekli gözden geçirme ve periyodik gözden geçirme yöntemlerine göre ayrılmaktadır. Bu gözden geçirmeler sonucunda yenileme kararı verilmektedir.

Olasılıklı stok kontrol modelleri için temel noktalardan biride güvenlik stoğu miktarıdır.

Talep dağılımı ve / veya tedarik süresinin olasılıklı yapıya sahip olması durumunda hem tedarik süresi boyunca hem de tüm çevrim boyunca stok boşalması (stok yetersizliği) oluşabilir ve talep karşılanamaz. Bunun yanı sıra bazen de stok beklenenden daha yüksek olabilir ve elde bulundurma maliyetine katlanılabilir (Martinich, 1997). Olasılıklı talep yapısı olduğunda güvenlik stoğu, tedarik süresi boyunca gerçekleşmesi beklenen talepten ötürü, sipariş noktasını daha yüksek bir değere çeken stok miktarıdır (Dilworth, 1993). Güvenlik stoğu miktarı stok yetersizliğinin bir başka deyişle stok boşalmasının önüne geçebilmek ve elde bulundurmama durumunun önlenmesi için gereklidir.

Alan kısıtlı depolarda hem yüksek elde bulundurma maliyeti hem de alan yetersizliğinden dolayı güvenlik stoğu miktarının dengelenmesi önemlidir. Deterministik modellerde bütün değerler bilindiğinden güvenlik stoğunu gerektirecek bir durum bulunmamaktadır bu nedenle stokastik (olasılıklı) modellerde kullanılması daha uygundur.

2.4.2.1 Güvenlik stoğu ve çevrim hizmet düzeyi

Güvenlik stoğu miktarı s ile ifade edilmektedir ve hesaplanmasında birden çok yöntem bulunmaktadır. Güvenlik stoğu miktarı (s) yeniden sipariş noktasının (R) hesaplanmasında kullanıldığı için ilk olarak R 'nin gösterilmesinde fayda bulunmaktadır.

Yeniden sipariş noktası R ile gösterilmektedir ve olasılıklı modeller için güvenlik stoğu miktarı bu değerin üzerine eklenmektedir.

Deterministik modeller için R Denklem 2.15 ile hesaplanabilir:

$$R = L_i^D \quad (2.15)$$

Olasılıklı modeller için R Denklem 2.16 ile hesaplanabilir:

$$R = L_i^D + s = \mu_{L_i}^D + z * \sigma_D * \sqrt{L} \quad (2.16)$$

L_i^D : Tedarik zamanında oluşan talep [birim]

z : Çevrim hizmet düzeyine standart normal dağılım tablosunda karşılık gelen değer

σ_D : Talebin standart sapması [birim]

$\mu_{L_i}^D$: Tedarik zamanında oluşan talebin ortalaması [birim]

Çevrim hizmet düzeyi çevrim boyunca stok yetersizliğinin oluşmadığı bölümü ifade etmektedir (Silver ve diğerleri, 1988). Bu durumda çevrim hizmet düzeyi Denklem 2.17 ile gösterilebilir:

$$P(R > L_i^D) = \text{Çevrimin başarılı olma olasılığı} \quad (2.17)$$

Güvenlik stoğu miktarı hesaplamasında beş yöntem bulunmaktadır.

- Sabit çarpan kullanılarak
- Elde bulundurmama maliyeti kullanılarak
- Hizmet düzeyi kullanılarak
- Hizmetin talebe etkisi kullanılarak
- Bütünleşik görüşleri kullanarak

Bu çalışma içerisinde güvenlik stoğunun belirlenmesi için sabit çarpan (çevrim hizmet düzeyi) yöntemi kullanılacaktır.

Sabit çarpan yöntemi ile birlikte güvenlik stoğu miktarı iki şekilde hesaplanabilmektedir.

Talebin standart sapmasının bilindiği durumlarda, z çevrimin başarı olasılığına karşılık gelen sabit çarpan olmakla birlikte σ_D talebin standart sapmasını, \sqrt{L} ise sabit tedarik süresini belirtmektedir. Bu durumda güvenlik stoğu miktarı Denklem 2.18 ile hesaplanmaktadır:

$$s = z * \sigma_D * \sqrt{L} \quad (2.18)$$

Tedarik süresindeki talebin standart sapmasının bilindiği durumlarda, z çevrimin başarı olasılığına karşılık gelen sabit çarpan olmakla birlikte σ_L^D tedarik süresindeki talebin standart sapmasını belirtmektedir. Bu durumda güvenlik stoğu miktarı Denklem 2.19 ile hesaplanmaktadır:

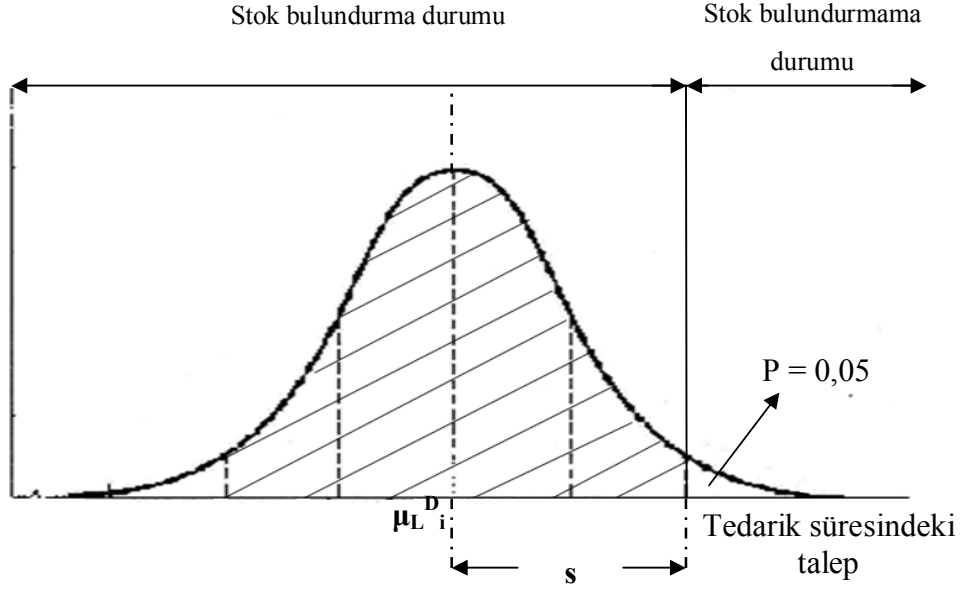
$$s = z * \sigma_L^D \quad (2.19)$$

$$\sigma_D * \sqrt{L} = \sigma_L^D \quad (2.20)$$

2.4.2.2 Çevrim hizmet düzeyi ve sipariş karşılanma oranı

Çevrim hizmet düzeyi (α service level) yaklaşımı olasılıklı modellerde stokların belirli periyot içerisinde elde bulundurulma olasılığını ifade etmektedir (Chen ve Krass, 2001). Talep miktarı elde bulundurulan stok miktarını geçtiği zaman elde bulundurmama durumu oluşmaktadır.

Bekleyen siparişe izin verilen modellerde stok yetersizliği nedeniyle kaç tane üründe elde bulundurmama (eksiklik) durumunun yaşanacağını hesaplanması için güvenlik stoğu miktarının hesaplanması gerekmektedir. Tedarik süresindeki talebin normal dağılıma uygun olduğu durumlarda bu talebin ne kadarının karşılanacağına belirlenen çevrim hizmet düzeyi ile karar verilmektedir. Belirlenen çevrim hizmet düzeyinin sabit çarpan (z) değerinin hesaplanması için standart normal dağılım tablosundan yararlanılmaktadır.



Şekil 2.7 : Güvenlik stoğunun olduğu durum.

Şekil 2.7’de çevrim hizmet düzeyi %95 olarak belirlendiğinde % 5 olasılıkla stok bulundurmama durumu oluşmaktadır. Standart normal dağılım tablosundan %95 olasılığa karşılık gelen gelen z değeri 1,645 olmaktadır. Bu durumda güvenlik stoğu miktarı (s) Denklem 2.19 kullanılarak şu şekilde hesaplanır:

$$s = (1,645) * \sigma_{L_i}^D$$

Eğer güvenlik stoğu tutulmazsa %50 olasılıkla stok bulundurmama durumu oluşacaktır. Bu nedenle, güvenlik stoğu stok bulundurmama olasılığını azaltmaktadır. Bu çalışma içerisinde belirlenen çevrim hizmet düzeyleri için sipariş karşılanma oranları (β service level) bulunarak çevrim hizmet düzeyinin etkisi tartışılacaktır. Sipariş karşılanma oranı Denklem 2.21 ile hesaplanabilir:

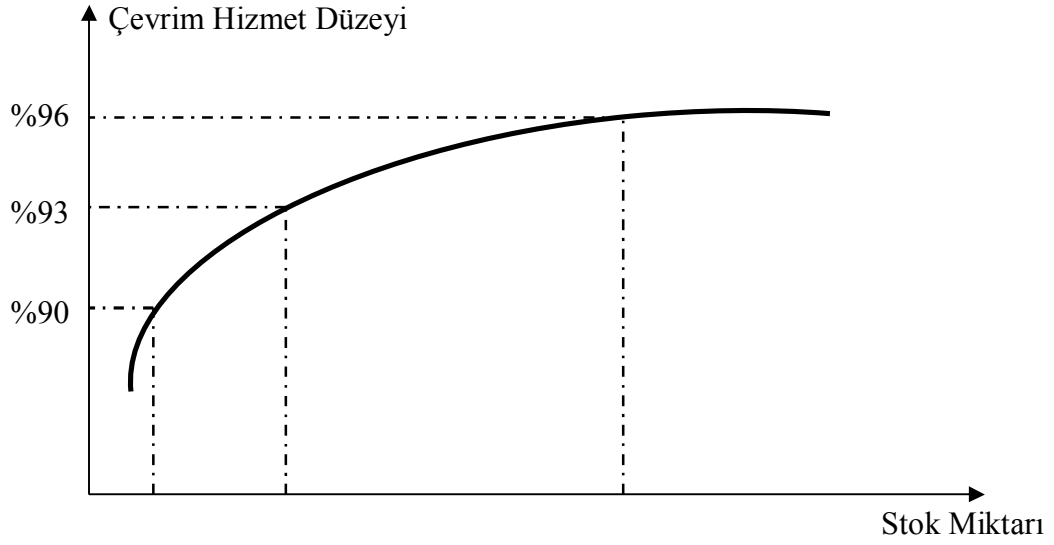
$$SKO = (Q - S_R) / Q \quad (2.21)$$

SKO: Sipariş karşılanma oranı [oran]

S_R : Stok yetersizliği [birim]

Çevrim hizmet düzeyi olasılık ifade ederken sipariş karşılanma oranı oran ifade etmektedir.

Belirlenen çevrim hizmet düzeyi arttıkça stok miktarı da artacaktır. Şekil 2.8’de bunu ifade etmektedir.



Şekil 2.8 : Çevrim hizmet düzeyi-stok miktarı ilişkisi.

2.4.2.3 Sürekli gözden geçirmeye dayalı modeller

Bu modellerin ortak özelliği sürekli olarak stok kayıtlarının tutulması ve stoklar yeniden sipariş noktasının altına indiğinde sipariş verilmesidir. Stok kayıtları elle veya bilgisayarla tutulabilmekle beraber A kalemi stoklar için geçerlidir. Stoksuzluk riski en küçüklenmeye çalışılır. Sürekli gözden geçirmeye dayalı modellere ilgili olarak ilk katkı Nahmias ve Demmy (1981) tarafından gerçekleştirilmiştir. Sürekli gözden geçirmeye dayalı modeller için bu bölümde iki model örnek olarak verilecektir.

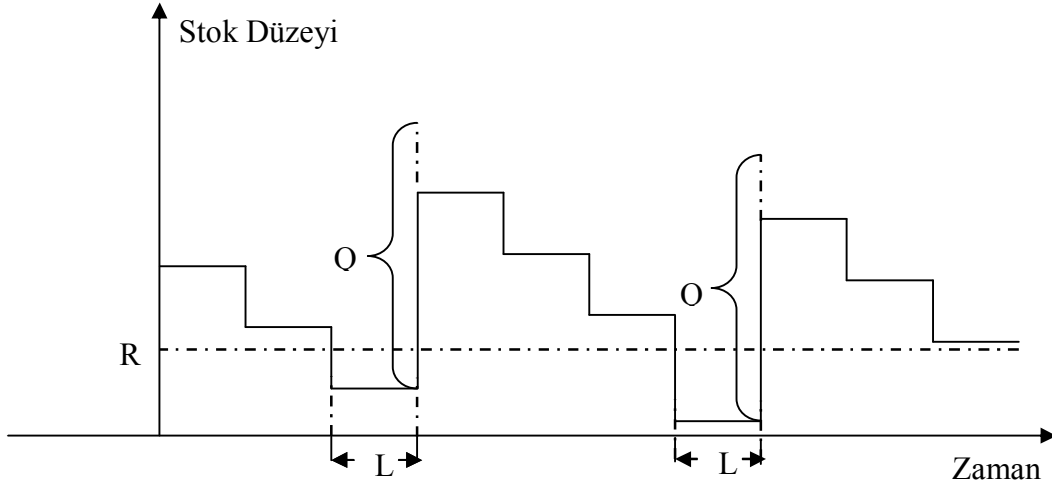
Bu modellerde ilki “sipariş noktası, sipariş miktarı” olarak anılan (R,Q) modelidir. (R,Q) stok sistemlerinde amaç maliyetin en küçüklenmesi sağlanırken sipariş miktarı (Q) ve yeniden sipariş noktasının (R) bulunmasıdır (Zhao ve diğerleri, 2012). Nahmias ve Demmy (1981) sabit tedarik süresi varsayımı, elde bulundurmama maliyeti yaklaşımları ve hizmet düzeyi ile birlikte (R,Q) modelini analiz etmişlerdir. Bu modelde sabit miktarda ki Q birim, stok seviyesi s veya altına indiğinde sipariş edilir. Sipariş miktarı ve yeniden sipariş noktası sabittir ve zamandan etkilenmez, yenilemeler arasında geçen süre ve talep değişkendir, tedarik süresi değişken veya sabit olabilmektedir. Değişik varsayımlar altında incelenen bu modelde Mechors ve Andersson (2001) kayıp satış maliyeti ve sabit tedarik süresi ile (R,Q) modelini incelerken Isotupa (2006) diğer varsayımlarda değişikliğe gitmeyerek üstel dağılıma uygun tedarik süreleri ile birlikte bu modeli incelemiştir.

(R,Q) modelinde parametrelerin hesaplanması Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM) modeline benzemektedir.

(R,Q) modelinin parametreleri Denklem 2.22 ve 2.23 ile gösterilmektedir.

$$Q_i = \sqrt{2C_I D_i / C_{Hi}} \quad (2.22)$$

$$R_i = L_i^D + z * \sigma_D * \sqrt{L} \quad (2.23)$$



Şekil 2.9 : (R,Q) Stok kontrol modeli.

Şekil 2.9' da görülebileceği gibi, sabit tedarik süresi ve talebin olasılıklı veya tedarik zamanında oluşan talebin olasılıklı olması nedeniyle verilen Q miktar sabit olmasına rağmen stok miktarı farklı seviyelere düşmektedir.

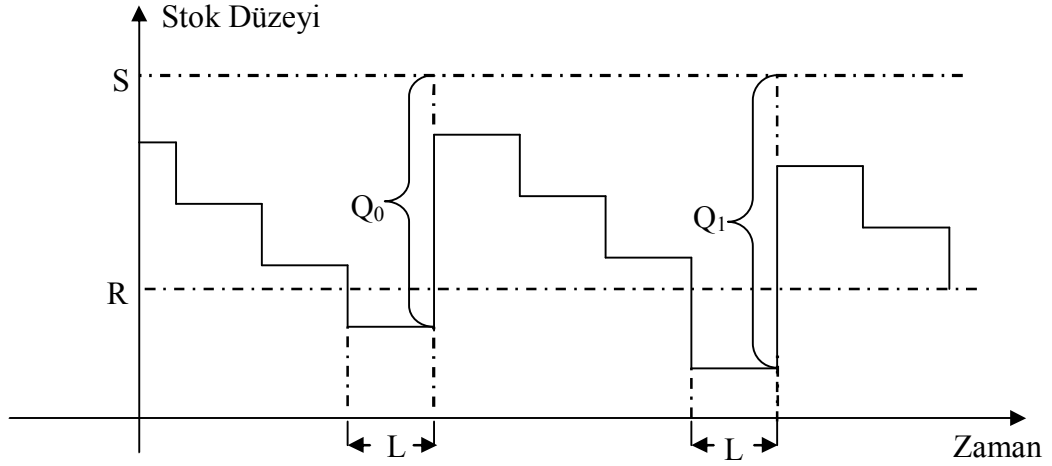
Bir diğer sürekli gözden geçirmeye dayalı stok kontrol modeli ise (R,S) modelidir. Burada S en yüksek stok seviyesini belirtmektedir. Stok seviyesi R noktasına indiğinde sipariş verilir ancak sipariş miktarı değişkendir çünkü verilen sipariş ile en yüksek sipariş seviyesine (S) ulaşılmaktadır. Bu modelde R (yeniden sipariş noktası) tedarik süresince oluşan talepten etkilenmektedir.

(R,S) modelinin parametreleri Denklem 2.24, 2.25 ve 2.26 ile gösterilmektedir.

$$Q_i = \sqrt{2C_I D_i / C_{Hi}} \quad (2.24)$$

$$R_i = L_i^D + z * \sigma_D * \sqrt{L} \quad (2.25)$$

$$S = R + Q \quad (2.26)$$



Şekil 2.10 : (R,S) Stok kontrol modeli.

Şekil 2.10 da görülebileceği gibi, stok seviyesi yeniden sipariş noktasının (R) altına düştüğünde en yüksek stok seviyesine ulaşmak için gerekli miktar sipariş edilmektedir. Ancak talebin olasılıklı olması nedeniyle Q miktarları değişim göstermektedir. Şekilde de Q_0 ve Q_1 olarak verilen miktarlar, tedarik zamanı (L) içerisinde oluşan talebi karşıladığından dolayı en yüksek nokta (S) stok seviyesi olarak yakalanamamıştır. Bu seviyeyi yakalamak için tedarik sürecinde ya talebin olmaması ya da talebin deterministik olması gerekmektedir.

2.4.2.4 Periyodik gözden geçirmeye dayalı modeller

İşletmeler stok seviyelerini gözden geçirerek yeniden sipariş noktasına düştüğünde sipariş vermektedirler. Gözden geçirmeler sürekli olsa dahi belirli periyotlarla yapılmaktadır. Periyot aralıkları düşük olduğunda sürekli gözden geçirme, yüksek olduğunda ise periyodik gözden geçirme modellerine başvurulmaktadır. Periyodik gözden geçirme modelleri B ve C kalemi stoklar için daha az kontrol gerektiğinden dolayı uygulanır. Belirli aralıklarla büyük miktarlarda sipariş verilir ve ulaşımdan tasarruf edilir. Periyodik gözden geçirmeye dayalı modeller için bu bölümde bir model örnek olarak verilecektir.

Bu modellere örnek olarak (T,S) modeli verilebilir. T burada belirli periyotları ifade etmektedir.

(T,S) modelinde her stok kontrolü belli bir zaman diliminin ardından gerçekleşir. Her gözlem noktasında sipariş, stok S birime kadar yükseltilecek miktarda verilerek stok yenilemesi yapılır. Bu modelde yeniden sipariş noktası yoktur, en yüksek sipariş noktasına kadar her gözlemde sipariş verilir. Dolayısıyla yenilemeler arasındaki süre

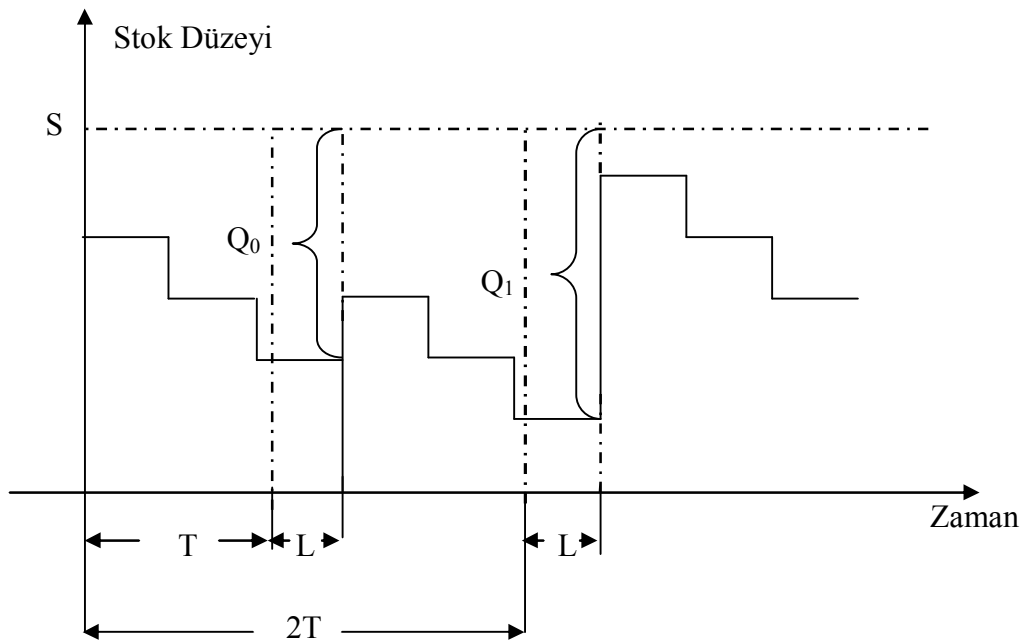
sabit, sipariş miktarı değişken, tedarik süresi ise hem sabit hem değişken olabilmektedir. Oluşan yüksek elde bulundurma maliyeti ve sipariş maliyeti bu yöntemin en büyük dezavantajıdır.

(T,S) modelinin parametreleri Denklem 2.27, 2.28 ve 2.29 ile gösterilmektedir.

$$Q_i = \sqrt{2C_i / C_{Hi} D_i} \quad (2.27)$$

$$R = (D^*(L+T)) * z * \sigma_D * \sqrt{(L + T)} \quad (2.28)$$

$$D^*(L+T) : L+T süresinde oluşan talep \quad (2.29)$$



Şekil 2.11 : (T,S) Stok kontrol modeli.

Şekil 2.11’de görülebileceği gibi stok yenilemeleri belirli periyotlarla yapılmakta ve en yüksek stok seviyesine (S) ulaşmaya çalışılmaktadır.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Stok yönetimi üzerine uzun yıllardan beri süregelen çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki gerçek bir sistem modellenecekse, stok yönetiminde sadece ürünler için ayrı ayrı ekonomik sipariş miktarı, yeniden sipariş noktası vb. değerleri bulmak yerine bunları depo yönetimiyle birlikte ele alan bir modelleme geliştirilmelidir. Bu önemli gelişmeyi dikkate alarak çalışmalar gerçekleştirilmiş ve her çalışmada o çalışmaya özgü maliyetler, depo sistemleri vb. noktalar vurgulanmıştır. Ortak olarak vurgulanan nokta ise depoların tek bir kısım olarak kabul edilmesinden çok depoların alanlara ayrılarak gösterilmesidir. Bu çalışmada depo iki farklı alan olarak gösterilecek ve bu alanlar birincil ve ikincil alan olarak ifade edilecektir.

Oluşturulacak olan modelin deterministik veya olasılıklı model olması talebin ve diğer değişkenlerin yapısına bağlıdır. Tez çalışmasına konu olan problem olasılıklı talep yapısında hizmet düzeyi kavramını da içerdiğinden dolayı olasılıklı modeller üzerine daha önce gerçekleştirilen çalışmalar da bu kısımda incelenecektir.

Gerçekleştirilen bu çalışmanın kaynaklarına inebilmek adına geçmişte ve günümüzde yapılmış olan çalışmaları incelemekte fayda bulunmaktadır.

Forsberg (1996), makalesinde elde bulundurma ve bulundurmama maliyetlerini tam olarak belirleyebilmek için iki aşamalı stok yapısını tek depo ve birden çok müşteri ile değerlendirmiştir. Poisson (puason) dağılımına uygun talep yapısı ve sabit tedarik süresi varsayımı ile (R,Q) modelini oluşturmuştur. Stokların depodan ilk giren ilk çıkar (FIFO) yaklaşımıyla müşteriye ulaştırılması ve elde bulundurmama maliyetinin ulaştırma süresiyle, elde bulundurma maliyetinin de süreyle doğru orantılı olarak artacağı belirtilmiştir. Çalışmada varsayımlar belirlendikten sonra problemin modeli ve denklemleri detaylı olarak gösterilmiş ve birebir (one for one) sipariş politikası elde edebilmek için tek tedarikçi birden çok müşteri arasında oluşacak tüm kombinasyon maliyetlerinin ağırlıklı ortalaması ile ağırlıklı ortalama maliyet bulunmuştur. Çalışmanın sonuç kısmında oluşturulan modelin etkinliği sayısal sonuçlarla ifade edilmiştir.

Sharp ve diğeri (1998), makalelerinde modeli birincil ve ikincil alan ayrımı üzerine oluşturmuş ve hangi ürünün ne miktarda birincil alanda tutulması gerektiği sorusuna yanıt aramıştır. Birincil alanın sınırlı kapasitesi olduğu ve toplama işlemlerinin verimli gerçekleştirildiğini eğer birincil alanın kapasitesi artırılsa ya maliyet ya da toplama da sorunlar yaşanacağı belirtilmiştir. Üç farklı sipariş toplama sisteminden bahsedilmiştir. Bunlar; elle gerçekleştirilen, otomatikleşmiş ve tam otomatikleşmiş sistemlerdir. İkincil alanın iki farklı alt alana ayrılmış olduğunu ve bu alanların sipariş toplama ve yenileme için kullanıldığı belirtilmiştir. Literatürde ki çalışmaların aksine ikincil alandan birincil alana tek bir yenilemenin yetmeyeceği bunun yerine stok seviyelerinin izlenmesiyle sürekli yenileme işleminin yapılmasının gerekliliği vurgulanmıştır. Çalışmada yenileme işleminin boş zamanlarda gerçekleştirilmesi gerekliliğine odaklanılmıştır. Modelleme de kapasite kısıtı göz önünde bulundurularak yenilemenin ilk olarak üst düzey gerçekleştirildiği daha sonra eşzamanlı olarak gerçekleştirildiği varsayılmış ve toplama faaliyetlerinde ki işçilik zamanlarını en küçükmek amaçlanmıştır. Oluşturulan farklı modellerle birlikte çözölen 0-1 tam sayılı birincil ikincil alan probleminde en iyi çözümü sezgisel yöntemin verdiği sayısal sonuçlarla birlikte ifade edilmiştir.

Shibuya ve diğeri (1988) makalelerinde stokastik tedarik süreleri ve hızlandırılmış sipariş varsayımlarıyla tedarik sürelerindeki belirsizliğin etkisini iki farklı model kurarak incelemiştir. Modellerde sipariş emirlerinin yeniden sipariş noktası yerine belirlenen zamanlarda stok yetersizliği oluşup oluşmamasına göre verildiği belirtilmiştir. İlk modelde belirlenen zamandan önce stok yetersizliği oluşursa hızlandırılmış sipariş, oluşmazsa normal sipariş verildiği vurgulanmıştır. İkinci modelde ise belirlenen zamanda sipariş yetersizliği oluşursa hızlandırılmış sipariş oluşmazsa normal sipariş verildiği vurgulanmıştır. İki farklı model içinde stok yetersizliğinin oluşabileceği zamanları dikkate alarak üç farklı durum ortaya koyularak bir çevrimde beklenen maliyetler belirtilmiştir. Belirlenen zaman ve gözden geçirme maliyeti beraber değerlendirildiğinde ikinci modelin birinci modelden daha iyi maliyet performansı sergilediği gösterilmiştir. Sonuç kısmında en iyi tedarik zamanı, stokastik tedarik zamanı ve sabit sipariş miktarı değerleriyle iki farklı modelin maliyet etkinliğini ölçölmüş ve tedarik zamanındaki değişimin etkisinin en iyi stok politikası belirlemede etkili olduğu gösterilmiştir.

Van Den Berg ve Zjim (1999), makalelerinde depo sistemleri yönetimi problemleri ve sınıflandırılması üzerine yoğunlaşmıştır. Depolar üç çeşit (Dağıtım

gerçekleştirilen, Üretim için kullanılan ve Anlaşmalı ortak olarak kullanılan) olarak sınıflandırılmıştır. Gerçekleştirilen aktiviteler ve bu aktivitelerin maliyet olarak nasıl etki ettiği gösterilmiştir. Aktiviteler sırasıyla ürünlerin teslim alınması, alındıktan sonra depolama alanına ulaştırılması, toplama emrinin siparişe göre verilerek toplamının birleştirme ve ayırma işlemleriyle beraber gerçekleştiği ve en son taşıma işleminin olduğu şeklinde gösterilmiştir. Depo maliyetleri olarak dört çeşit ana maliyet kalemi ele alınarak bunların sipariş, depolama, toplama ve taşıma maliyetleri olduğu gösterilmiştir. Bu maliyetler arasında sipariş toplama maliyetinin toplam operasyon maliyetlerinin %60' ını oluşturduğu vurgulanmıştır.

Çalışmanın modelleme kısmının oluşturulmasında müşteri gereksinimlerinin en küçük maliyet üzerinden karşılanabilmesi temel alınmıştır ve en büyük maliyet kalemi olan sipariş toplama işlemi üzerine yoğunlaşmıştır. Hangi ürünün birincil alana hangi miktarlarda atanacağına karar vermek için sipariş toplama sisteminin nasıl gerçekleştiğine bakılarak modelleme yapılmıştır. Modellemede sezgisel bir yöntem incelenmiş ve eşzamanlı yenilemede kaza ve sıkışmalar göz önünde bulundurulmuştur. Eşzamanlı yenileme işleminin depoda işlerin gerçekleştiği vakitler yerine boş vakitlerde gerçekleştirilmesinin kaza ve sıkışmaları azaltacağı belirtilmiştir. Depoda ürünlerin nerelere atanması noktasında üç çeşit (ürün sınıflandırmasına dayalı atama, rastgele atama ve belirlenmiş bölgelere atama) atama yapılabileceğinden bahsedilmiştir ve rastgele ve belirli bölgelere atama yöntemleri benimsenmiştir. Çalışmanın sonuç kısmında ise sipariş toplama zamanları ve maliyetleri üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmesinin önemli olduğuna vurgu yapılmıştır.

Chen (1999), makalesinde iki aşamalı stok yapısını deterministik ve sürekli müşteri talepleriyle birlikte değerlendirerek (R,Q) modeli oluşturmuştur. Birinci aşamada müşterinin talebinin olduğu, ikinci aşamada sınırsız kaynağı bulunan tedarikçilerden birinci aşamada oluşan talebin karşılanması için yenileme yapıldığı ve birinci aşamada stok tükenmesinden dolayı müşteri talepleri karşılanamazsa elde bulundurmama durumunun (eksiklik) olduğu belirtilmiştir. Çok aşamalı stok yapılarında kötü şartlar için (R,Q) modeli oluşturulmuş ve olasılıklı modellerin başarısının altında yatan nedenler de belirlenmeye çalışılmıştır. Sipariş büyüklüğünden bağımsız olarak sabit bir sipariş maliyeti olduğu, elde bulundurma maliyetinin hem birinci hem ikinci aşama da var olduğu, elde bulundurmama maliyetinin yalnızca birinci aşamada olduğu varsayımları altında model

oluşturulmuştur. Birinci ve ikinci aşamalar için ayrı sipariş miktarı (Q) ve yeniden sipariş noktası (R) belirlenmiştir. Modelin çözümünde alt ve üst sınırlar belirlenerek iki durum sezgisel yöntem ile birlikte çözülerek sayısal sonuçlar üzerinden iki aşamalı stok yapısında (R,Q) modelinin maliyet etkinliği %76 olarak gösterilmiştir.

Ganeshan (1999), makalesinde tedarik zincirindeki stok yapısını değerlendirirken tedarik zincirinin birçok sağlayıcıdan, bir depodan ve birçok perakendeciden oluştuğunu varsaymaktadır. En iyi sipariş politikasının belirlenmesinde de deponun birçok tedarikçiden sürekli yenilendiği göz önünde bulundurulmuştur. Çalışmada üretim ve dağıtım üzerine kurulu, merkezi bir dağıtım deposunun bulunduğu varsayılarak, belirsiz talep ve tedarik süresi altında kurulan modelle birlikte sipariş miktarı ve yeniden sipariş noktası bulunmaya çalışılmıştır. Tedarik zinciri yapısı ele alındığından dolayı çalışma ana fikrini çok katmanlı stok yapısından almaktadır. Çok katmanlı stok yapısında itme ve çekme sistemlerinden oluşmaktadır burada önemli olan hangi etmenlerin birbirlerinden etkilendiğinin bulunmasıdır çünkü ister itme sistemi ister çekme sistemi olsun amaç maliyeti en küçükmektir. Bu çalışmada olduğu gibi olasılığın kullanıldığı çalışmalarda METRIC yaklaşımının benimsendiği görülmektedir. Çalışmada depoların ve perakendecilerin stok seviyeleri ayrı olarak incelenmiştir ve günlük talep miktarının bir olasılık dağılımına uygun olduğu belirtilmiştir. Kurulan model SLAM benzetim dili ile üretilen veriler ile çözümlenerek sonuçların tutarlılığı sorgulanmış ve oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Matheus ve Gelders (2000), makalelerinde sürekli gözden geçirmeye dayalı (R,Q) modelini ele alarak yeniden sipariş noktasının hesaplanması için yeni bir hesaplama yöntemi geliştirmiştir. Talebin sürekli veya kesikli dağılımlara uygun olması durumlarına göre incelenen sürekli ve kesikli modellerde belirlenen hizmet düzeyi için sipariş karşılanma oranını kullanılmıştır. Hizmet düzeyini belirlemek için çevrimin başında ve sonunda oluşan eksiklik miktarları kullanılmıştır. Kullanılacak kesikli dağılımlar için belirlenen hizmet düzeyine ulaşmak adına yeniden sipariş noktasının ne miktarda olması gerektiği belirlenmiştir. İkinci modelde normal dağılım kullanılarak belirlenen hizmet düzeyi için yeniden sipariş noktasının ne miktarda olması gerektiği belirlenmiştir. Sonuç kısmında sürekli ve kesikli dağılım tipleri için ortalama sipariş miktarları ve hedeflenen hizmet düzeyine ulaşmak için yeniden sipariş miktarlarının ne miktarda olması gerektiği belirtilmiştir.

Lau ve Lau (2002), makalelerinde (R,Q) modelini ele almış ve farklı ortalama stok belirleme metotlarını karşılaştırarak stok parametrelerini belirlemeye çalışmıştır. Sürekli gözden geçirmeye dayalı model olan (R,Q) modeli stok yetersizliği yaşanması durumunda maliyet odaklı değerlendirilmiştir. Tedarik süresinde oluşan talebin normal dağılıma uygun olduğu varsayımı altında, güvenlik stoğu bulundurulup bulundurulmaması durumlarına göre farklı çevrim hizmet düzeyleri için elde bulundurmama maliyetinin ne kadar oluşacağı formül olarak verilmiştir. Çalışmanın sonuç kısmında farklı ortalama stok metotları için stok parametrelerinin nasıl değişim gösterdiği sayısal sonuçlar üzerinden belirtilmiştir.

Zhou (2003), makalesinde literatürde ki çalışmaların genelinde varsayım olarak kabul edilen üç farklı noktaya farklı kabullenmeler getirmiştir. Bunlar sahip olunan alanın sınırlı kiralanan alanın sınırsız olduğu değil her ikisinin de sınırlı olduğu, sabit bir talep değil zamana bağlı talep olduğu, ve kısmi bekleyen sipariş maliyeti oluştuğu varsayımlarıdır (kısmi bekleyen sipariş maliyeti oluştuğunda müşterilerin bekleyebildiği hizmet düzeyinin sağlandığı varsayımı vardır). Bu yaklaşımlar çerçevesinde hangi alanın yenileme için uygun olduğu ve nasıl gerçekleştirileceği sorularına cevap aranmıştır. Üç farklı durum için modelleme yapılmıştır. Bunlar kısmi bekleyen sipariş maliyeti oluşan, tamamen bekleyen sipariş maliyeti oluşan ve elde bulundurmama maliyeti oluşmayan modellerdir. Modellerin çözülmesinden sonra elde bulundurma maliyetinin değişimi, depo kapasitelerinin değişimi, yenileme maliyetlerinin değişimi üzerine duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak bu yaklaşımlarla çözülen modellerin gerçek yaşam için daha uygun olduğunu vurgulanmıştır.

Yang (2004), makalesinde elde bulundurmamanın toplama veya yenileme periyodu olarak adlandırılan zamanların başında gerçekleşmiş olduğunu varsaymaktadır. Literatürde ki çalışmalara bakıldığında elde bulundurmama durumunun çevrimin sonunda oluştuğu görülmektedir. Modellemelerden önce tedarik zamanının olmadığı, tamamen bekleyen sipariş maliyetinin oluştuğu, ikincil alanın sınırsız kapasiteye sahip olduğu ve kiralandığı ve stok maliyetinin birincil alanda daha az oluştuğu varsayımları yapılmıştır. İki farklı model oluşturulmuştur. Birinci model geleneksel yöntem olan elde bulundurmama durumunun çevrimin sonunda oluştuğu üzerine, ikincil model ise elde bulundurmama durumunun çevrimin başında oluştuğu üzerine kurulmuştur. Modeller toplam maliyetin belirli bir faiz oranında şimdiki değerinin hesaplanması üzerine karşılaştırılmıştır. Sayısal verilerle desteklenen sonuçlarda eğer

faiz oranı sıfır kabul edilirse modellerin eşit maliyetli oldukları ancak faiz oranı belirli bir değer aldığında stok yetersizliğinin çevrimin başında olduğu varsayımını kabul eden ve çalışmaya özgünlük katan modelin birinci modelden daha az maliyetli olduğu gösterilmiştir. Sonuç olarak çalışmanın ana varsayımları değiştirilerek(örn: sabit talep yerine zamana veya stoğa bağlı olasılıklı talep) birçok çalışmaya yol açabileceği belirtilmiştir.

Yang (2006), bir önce ki makalesinden fark olarak bu makalesinde tamamen bekleyen sipariş durumu yerine kısmi bekleyen sipariş durumunu ele almıştır. Bütün varsayımlar aynı tutularak yapılan modelleme sonucunda diğer çalışmasında olduğu gibi kendi özgün modelinin geleneksel modele nazaran daha az maliyetle oluştuğunu gözlemlemiştir. Ancak iki model arasında oluşan maliyet farkı bir önceki çalışmada oluşan maliyet farkına göre daha az gerçekleşmiştir, bunun nedeni tamamen bekleyen sipariş maliyeti yerine kısmi bekleyen sipariş maliyetini kullanmasıdır.

Lee ve Schwarz (2007), makalelerinde olasılıklı talep yapısıyla birlikte küçük işletmelerde stok kontrol ve yönetiminin bir acente tarafından sağlandığı durumu incelemiştir. Tedarik etme zamanının maliyet üzerinde büyük bir etkisi olmasından dolayı acentenin performansı bu değişken üzerinden ölçülmüştür. Acentenin tedarik etme zamanı üzerinde ki etkisinin ihmal edilmesinin toplam maliyet üzerinde %3-7 arasında etkisi olacağı ve bu durumun basit bir sözleşmeyle düzenlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Oluşturulan (R,Q) modelinin içerisine acenteden kaynaklanan değişkenler eklenerek sayısal sonuçlar üzerinden acente performansının etkisi değerlendirilmiştir. Sözleşmede belirlenen ceza oranı %3 ten %7 ye çıkarıldığında sipariş sıklığının arttığı ve acentenin tedarik etme zamanı üzerine daha fazla yoğunlaştığı belirtilmiştir. Kendi modelleriyle kıyas edildiğinde sözleşme ve ceza etkisinin acente performansını %90 seviyelerine çıkarttığı gösterilmiştir.

Tunç ve diğerleri (2008), makalelerinde depo sistemlerinin sipariş toplama sürecinin iyileştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır.. Depo raflarındaki ürünlerin konumları göz önünde bulundurularak en uygun rotalama politikası oluşturulmaya çalışılmıştır. Depolarda genellikle ürünlerin toplama işleminin iki çeşit olduğu ve işçiler tarafından gerçekleştirildiği belirtilmiştir. Bu toplama çeşitlerinin alt seviye toplama ve üst seviye toplama olduğu ve alt seviye toplamanın çalışanın malzemeleri gezerek raflardan toplaması; üst seviye toplamanın ise erişimi güç yerlerdeki ürünlerin vinç vasıtasıyla toplanması olarak açıklanmıştır.

En uygun sipariş toplama rotasının belirlenmesinde dinamik programlamanın etkili olduğu vurgulanmıştır. Uygulama kısmında ise Pick-Path eniyileme programı kullanılarak gerçek bir depoda iyileştirme sonucu önerilen bir durum sunulmuşlardır. Sonuç kısmında ise depolama sistemlerinin eniyilemesinin önemi vurgulanmış ve iyileştirmeler yüzdesel olarak gösterilmiştir.

Rong ve diğerleri (2008), makalelerinde belirsiz tedarik süreleriyle birlikte kısmi/tamamen bekleyen sipariş durumu yaşayan stokları yıpranma durumlarını da ele alarak iki farklı alan üzerinde değerlendirmiş ve ikincil alanın sınırsız kapasiteye sahip olmadığını ancak yeterli kapasiteye sahip olduğunu varsaymıştır. Birincil alanın ilk olarak tam kapasite doldurulduğu daha sonra eşzamanlı olarak değişken tedarik süreleriyle doldurulduğu belirtilmiştir. Bu çalışma içerisinde belirsiz tedarik süresi kullanılmış ve sipariş verme maliyetinin kısmen tedarik süresine bağlı olduğu ayrıca ikincil alanın merkezden uzak olarak kiralanmasının elde bulundurma maliyetini düşüreceği varsayılmıştır. Çalışmada kısmi bekleyen sipariş maliyeti birinci modelde, tamamen bekleyen sipariş maliyeti ise ikinci modelde ele alınmıştır. Ayrıca yıpranan ürünlerin tamir edilmediği veya yenilenmediği, elde bulundurma maliyetinin sadece A sınıfı ürünler için geçerli olduğu, ikincil alandan birincil alana taşıma zamanının önemsiz fakat maliyetinin önemli olduğu varsayılmıştır. Sonuç olarak modellerin çözümleri sayısal olarak gösterilmiş ve gelişmekte olan ülkelerde sebze ve meyve türü ürünler için uygulanabileceği belirtilmiştir.

Wang ve Hu (2008), makalelerinde standart ve opsiyonel parçaların taleplerinde ki etkileşimleri dikkate alarak maliyet esaslı sürekli gözden geçirmeye dayalı (R,Q) sistemini incelemiştir. Stok hizmet maliyetinin servis düzeyi ile orantılı olduğu varsayılarak maliyetin servis düzeyi arttıkça artacağı belirtilmiştir. Belirlenen varsayımlarla birlikte servis düzeyinin verilir verilmemesine bağlı olarak iki model oluşturulmuştur. Servis düzeyi verildiğinde kısıtlarda belirtilmiş, verilmediğinde serbest bırakılmıştır. Model doğrusal olmadığı ve en iyi çözümün bulunması zor olduğundan dolayı sezgisel bir yöntemle birlikte çözülmüştür. Sonuç kısmında servis düzeyinin verilir verilmemesine göre sayısal sonuçlar gösterilmiş ve servis düzeyi artırıldığında sadece maliyetin değil aynı zamanda sipariş miktarı ve yeniden sipariş noktasının da arttığı gösterilmiştir.

Thing ve diğerleri (2009), makalelerinde (R,Q) sistemini incelemişlerdir. (R,Q) sisteminin kullanım avantajlarından yararlanarak maliyet fonksiyonunun en iyi noktalarını bulmak için alternatif bir metot önermiştir. Toplam maliyet

fonksiyonunun genelde konveks olmadığını göstererek Silver ve diğerleri (1998) çözüm prosedürünün mutlak doğru olmadığı belirtilmiştir. Talep olasılıklı olsa bile ortalama talepte ki değişimin çok az olduğu varsayılarak elde bulundurma maliyetine nazaran elde bulundurmama maliyetinin az olduğu durumlarda bu maliyetin yok sayılabileceği belirtilmiştir. Tedarik süresinde oluşacak talebin normal dağılıma uyduğu belirtilerek geliştirilen yeni çözüm prosedürünün en iyi sonuçlar verdiği sonuç kısmında sayısal örneklerle gösterilmiştir.

Chung ve diğerleri (2009), makalelerinde gerçek depo ortamlarında stokların yıpranmadan (bozulmadan) kalamayacağını bu nedenle gerçekçi bir yaklaşımla değerlendirilmeleri gerektiğini vurgulamaktadır. Bu çalışmada geleneksel ESM modellerinde var olan mükemmel kalite ve tek bir alanda depolama yaklaşımını benimsenmemiş ve yine maliyet esaslı bir stok kontrol modeli oluşturulmuştur. Sahip olunan ve kiralanan olarak tanımlanan depolarda ürünlerin sahip olunan alanda tutulduğu kapasite aşımalarında ise kiralanan alana aktarıldıkları belirtilmiştir. Stoklarda meydana gelebilecek olan yıpranma oranlarının bulunmasında olasılık yoğunluk fonksiyonundan yararlanılmış ve yıpranan ürünlerin belirli bir fiyat üzerinden satıldığı belirtilmiştir. Stok miktarlarının sahip olunan kapasiteyi aşıp aşmama durumu ve eleme işlemi için gerçekleştirilen zamanın kiralanan alanda ürünlerinin tüketilmesi için geçen zamandan büyük olup olmamasına göre dört farklı durum ortaya çıkarılmıştır. Oluşturulan matematiksel modelin etkinliği sonuç kısmında sayısal örneklerle desteklenmiştir.

Shanker ve Jha (2009), makalelerinde iki aşamalı tedarik zincirinde satıcı ve alıcı arasındaki ilişkiyi talebin stokastik ve normal dağılıma uygun olduğu durumda maliyet esaslı bir model kurarak incelemiştir. Kontrol edilebilir tedarik zamanlarıyla birlikte kurulan modelle birlikte sipariş miktarı ve gerçekleştirilecek yenileme sayısının bulunması amaçlanmıştır. Elde bulundurmama maliyetinin tahmin edilmesi zor olduğundan dolayı bu maliyet kalemi modelde gösterilmemiş ancak kısıtlara belirli bir servis düzeyinin sağlanması için denklem eklenmiştir. Varsayımlarda emniyet çarpanı ile belirlenen güvenlik stoğunun stok yetersizliğine engel olacağı belirtilerek geliştirilen çözüm yöntemi aşamaları gösterilmiştir. Sonuç kısmında hizmet düzeyinin değiştirilmesiyle birlikte sipariş miktarının, güvenlik stoğu miktarının, yenileme sayısının ve toplam maliyetin değişimi sayısal sonuçlar üzerinden gösterilerek emniyet çarpanının artırılmasının ve belirlenen servis düzeyinin azaltılmasının maliyeti azaltacağı belirtilmiştir.

Lee ve Hsu (2009), makalelerinde iki alanlı depo yapısını yıpranan ürünler için zamana bağlı talep yapısıyla beraber belirledikleri varsayımlar altında incelemiştir. Çalışmada sonlu bir üretim plan yapısıyla değişik üretim çevrim süreleri ele alınmış ve daha önce tek bir üretim çevrim süresi ele alarak sezgisel yöntemle çözülmüş olan bir modelle maliyet olarak karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. Elde bulundurmama durumunun olmadığı, birincil alanın sınırlı ikincil alanın sınırsız olduğu, talep ve yıpranmalardan dolayı stok miktarının azaldığı, yıpranan ürünlerin tamir veya yenilenmesinin gerçekleştirilmediği, ikincil alanın birincil alana yakın olduğu varsayımlarıyla birlikte zamana bağlı talep yapısı grafik halinde hem iki alanlı hem tek alanlı depo yapısı için gösterilmiştir. Kurulum, taşıma ve yıpranma maliyetlerinin bulunduğu model de yıpranmanın olmadığı ve tek alanın bulunduğu depo yapılarının da maliyet esaslı modelleri oluşturulmuştur. Modelin çözüm algoritması kullanılarak çevrim süreleri üretilerek belirli bir sürede zamana bağlı talebi en az maliyetle karşılayan çevrim süreleri bulunmuştur. Kurulan modelin maliyet olarak tek bir çevrim süreli sezgisel yöntemlerden daha düşük maliyetli olduğu ve değişkenler değiştirilerek duyarlılık analizinin sonuçları gösterilmiştir. Sonuç olarak maliyetlerin üretim zamanından yüksek seviyede etkilendiği ve bu modelin ister azalan ister artan zamana bağlı talep yapılarında kullanılabileceği belirtilmiştir.

Miranda ve Garrido (2009), makalelerinde servis düzeyini eniyilemek için iki aşamalı sezgisel bir yöntem önermiştir. Önerilen yöntemle birlikte hem stok kararları hem servis düzeyi hem de dağıtım ağı tasarımı beraber incelenmiştir. İlk aşamada servis düzeyinin eniyilenmesi ikinci aşamada ise ağ tasarımı ve stok kararlarının alınması için denklemler geliştirilmiştir. Servis düzeyinin artmasıyla birlikte operasyon maliyetlerinin de artacağı belirtildikten sonra en iyi servis düzeyi için denklem oluşturulmuştur. İki aşamalı yöntemin çözümü için ilk olarak belirlenen servis düzeyi ile model çözülmüş daha sonra servis düzeyi değiştirilerek toplam maliyeti azaltan servis düzeyi verilen denklemle birlikte bulunmuştur. Sonuç kısmında servis düzeyini arttırmanın toplam maliyeti nasıl etkileyeceği hem grafik hem de sayısal sonuçlar üzerinden gösterilerek toplam maliyetin azaltılmasında servis düzeyinin eniyilenmesinin önemi vurgulanmıştır.

Strack ve Pochet (2010), makalelerinde stok yönetimi için bir model geliştirmiş ve bu modelin çözümünü sayısal örneklerle desteklemiştir. Genel olarak deponun iki farklı alana ayrılması gerektiğinin üzerinde durarak ve yetersiz kaldığı durumlarda ek kapasite edinilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Bu alanlar birincil (Forward) ve

ikincil (Reserve) alan olarak adlandırılmış ve alanlara ayırma amacının siparişe dayalı toplama işleminin daha verimli gerçekleştirilebilmesi olduğu belirtilmiştir. Birincil alanının ikincil alanından daha küçük olduğu, toplama aktivitesinin daha verimli ve daha az zaman alarak gerçekleştiği belirtilmiştir. Müşteri gereksinimlerinin karşılanabilmesi için sınırlı kapasiteli olan depoda hangi üründen ne kadar sipariş edilmesi gerektiği ve hangi ürünün ne miktarda hangi alana atanması gerektiği sorularına oluşturulan modelle cevap aranmıştır. Model oluşturulmadan önce belirli varsayımlarda bulunulmuştur.

Problem NP-Zor bir problem olduğundan dolayı iki farklı sezgisel yöntem geliştirilerek modelin çözümü gerçekleştirilmiştir. İlk sezgisel yöntemde model iki alt modele ayrılmıştır. İlk alt model stok alt modelidir ve sadece stok değişkenlerinden oluşmaktadır bu modelin çözümünde depo kapasite kısıtları birleştirilerek tek bir kısıt haline getirilmiş ve sipariş maliyeti rotalardan bağımsız olarak değerlendirilerek tek bir değişken haline getirilmiştir.

Lagrange çarpanları yöntemi kullanılarak sipariş miktarı denklemi geliştirilmiş ve denklem içerisinde stok yetersizliğini gösterebilmek için tedarik süresinde oluşan talebin yeniden sipariş noktasını geçme olasılığı formüle edilmiş ve sipariş miktarı denkleme eklenmiştir. Bu model çözüldükten sonra veriler sabit tutularak depo alt modeli çözülmüştür. Depo alt modeli stok alt yönetiminden gelen sabit çıktılar ve depo değişkenlerden oluşmaktadır. İkinci sezgisel yöntemde tek bir model üzerinden gidilmiştir. Sezgisel yöntemlerin sonuçları tablolar halinde gösterilerek duyarlılık analizleri yapılmış ve sonuç kısmında amacın depo ve stok yönetimine daha fazla karar etkeni (değişken) katabilmek olduğu belirtilmiştir.

Tajbakhsh (2010), makalesinde sürekli gözden geçirmeye dayalı (R,Q) sistemini servis düzeyi kısıtı ile birlikte incelemiştir. Servis düzeyi için sipariş karşılama oranı kullanılarak kısıtlarda belirtilmiştir. Kısıtlarda sipariş karşılama oranı belirtildiğinden dolayı modelde elde bulundurma ve sipariş maliyetine yer verilmiş eksiklik maliyetine yer verilmemiştir. Modelin ve kısıtların beraber çözülmesiyle birlikte güvenlik stoğu miktarı, sipariş miktarı ve yeniden sipariş noktası parametreleri denklem olarak ifade edilmiştir.

Liang ve Zhou (2011), makalelerinde iki farklı alanın yıpranma oranlarıyla birlikte perakendecilerin ödemelerinde izin verilebilir gecikmelerle maliyet esaslı bir stok kontrol modeli oluşturmuştur. Elde bulundurmama durumunun olmadığı, birincil alanın sınırlı ikincil alanın sınırsız olduğu, talebin sabit olduğu, yıpranmanın ikincil

alanda daha az meydana geldiği ve talepten az olduğu ve perakendecilerin ödeme periyodunda izin verilen son noktaya kadar faiz getirisi sağlayabileceği varsayılmıştır. Modelleme kısmında birincil alan dolduktan sonra ikincil alana aktarım yapıldığı, ikincil alanın ilk olarak kullanıldığı ve bu süreçte yıpranmaların olduğu zaman grafiği üzerinde belirtilmiştir. Sipariş maliyeti, elde bulundurma maliyeti, yıpranma maliyeti, faiz kazancını gerçekleştirilememekten oluşan fırsat maliyeti maliyet olarak, periyotlar arasında kazanılan faiz miktarı ise maliyetlerden düşürülen bir kalem olarak modelde yer bulmuştur. Modelin maliyet kısmında bulunan faiz kazancı ve fırsat maliyetlerinin perakendecinin ödeme periyodunun ikincil alanın tüketilmesinden önce olup olmadığı ve stok çevriminin tamamlanmasından sonra olup olmadığına göre belirlendiği belirtilmiş ve maliyetler buna göre üç farklı durumda gösterilmiştir. Modelleme yapıldıktan sonra çözüm algoritması geliştirilerek sayısal örnekler (kapasite, sipariş maliyeti ve talep değiştirilerek) sunulmuştur.

Cardos ve Babiloni (2011), sürekli gözden geçirmeye dayalı sistemlerde kesikli talep yapısıyla birlikte çevrim hizmet düzeyinin hesaplanması için yeni bir hesaplama yöntemi geliştirmiştir. Çalışmada ele alınan yaklaşım, elde bulundurulan stok miktarlarının olasılıkları hesaplanarak çevrimin başında bulunan stok miktarı olasılığıyla oluşturulan geçiş matrisi çarpılıp çevrimin herhangi bir noktasında bulunan stok miktarı olasılıklarının hesaplanabilmesidir. Çevrim başındaki ve içerisindeki stok miktarı olasılıkları kullanılarak Poisson (puason) dağılımına uygun talebin mevcut stok miktarını geçmesi olasılığı yeni hesaplama yöntemi olarak geliştirilmiştir. Çalışmanın sonuç kısmında üç farklı önerme ile yeniden sipariş noktasının hesaplanmasında oluşabilecek yanlışlıklar göz ardı edilerek klasik çevrim hizmet düzeyi hesaplama yöntemiyle yeni hesaplama yöntemi arasındaki fark sayısal örneklerle birlikte hesaplanmıştır. Ayrıca, yeni hesaplama yönteminin çevrim hizmet düzeyini daha doğru hesapladığı, klasik hesaplama yönteminin ise bazı durumlarda yüksek hesaplayabileceği belirtilmiştir.

3.1 Literatür Araştırması Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Literatürde oluşturulan makalelerin büyük bir kısmında maliyet esaslı modeller oluşturulmuştur. Modeller talebin deterministik veya stokastik olmasına göre ayrıma tabi tutulmuştur. Deterministik modellerin son yirmi yıl içerisinde kullanımı oldukça

azalmıştır. Stokastik talep yapısı altında sürekli ve periyodik gözden geçirmeye dayalı modeller oluşturulmuştur. Olasılıklı modellerde güvenlik stoğu kavramı ile hizmet düzeyi kavramı beraber kullanılmıştır. Hizmet düzeyinin güvenlik stoğu miktarını etkilediği bu konu ile ilgili yapılan her çalışmada vurgulanmıştır. Bazı çalışmalarda hizmet düzeyinin farklı bileşenleri (α, β, γ) kullanılmıştır. Belirlenen veya kısıt olarak eklenen hizmet düzeylerinin eniyilenmesi için denklemler veya varsayımlar kullanılmıştır. Elde bulundurmama maliyetinin tahmin edilemediği durumlarda hizmet düzeyi sağlanması gereken bir kısıt olarak kullanılmıştır. Yaşanabilecek stok yetersizliği durumunda elde bulundurmama maliyetine izin verilip verilmemesine ve belirlenen varsayımlara göre modellerde kayıp satış ve bekleyen sipariş maliyeti incelenmiştir. Stok yetersizliğinin çevrim başında veya sonunda olduğu, ödemelerde yaşanabilecek gecikmelere izin verildiği veya verilmediği, müşterinin beklediği veya beklemediği durumlara göre paranın zaman değeri göz önünde bulundurularak elde bulundurma ve bulundurmama maliyetleri belirlenebilmiştir.

Literatürde stok yıpranmaları ile ilgili makalelerde eldeki stok miktarının talep ve yıpranma oranları ile birlikte düşüş yaşayacağı varsayılmıştır. Yıpranma telafileri için modellerde yıpranma oranlarına yer verilerek sipariş miktarları bu oranlar dikkate alınarak bulunmuştur. Yıpranmaların genel olarak mevsimsel talebin olduğu ve yarılanma ömrünün kısa olduğu ürünlerde meydana geldiği vurgulanmıştır.

Son yıllarda oluşturulan makalelerde stok kararlarının alınması için sadece üç önemli maliyet kalemine yer vermek yerine depo içerisinde gerçekleştirilen faaliyetler nedeniyle oluşan operasyon maliyetlerini de yer verilmiştir. Bu operasyon maliyetleri içerisinde depolar arası gerçekleştirilen yenileme maliyetlerine, depo içi sipariş toplama aktivitesi maliyetlerine önem verilmiş ve bu maliyetlerin düşürülmesi için ek çalışmalar yapılmıştır. Makalelerde depo kapasiteleri varsayımlara göre sınırlı veya sınırsız olarak belirlenmiştir. Birçok makalede depoların sınırlı kapasiteye sahip olduğu ve sahip olunan deponun kapasitesi yetmezse depo kiralama yoluyla kapasite sorununun aşılması gerektiği vurgulanmıştır. Sahip olunan depo içerisinde toplama aktivitesinin iyileştirilmesi için iki farklı alan yapısı incelenmiştir.

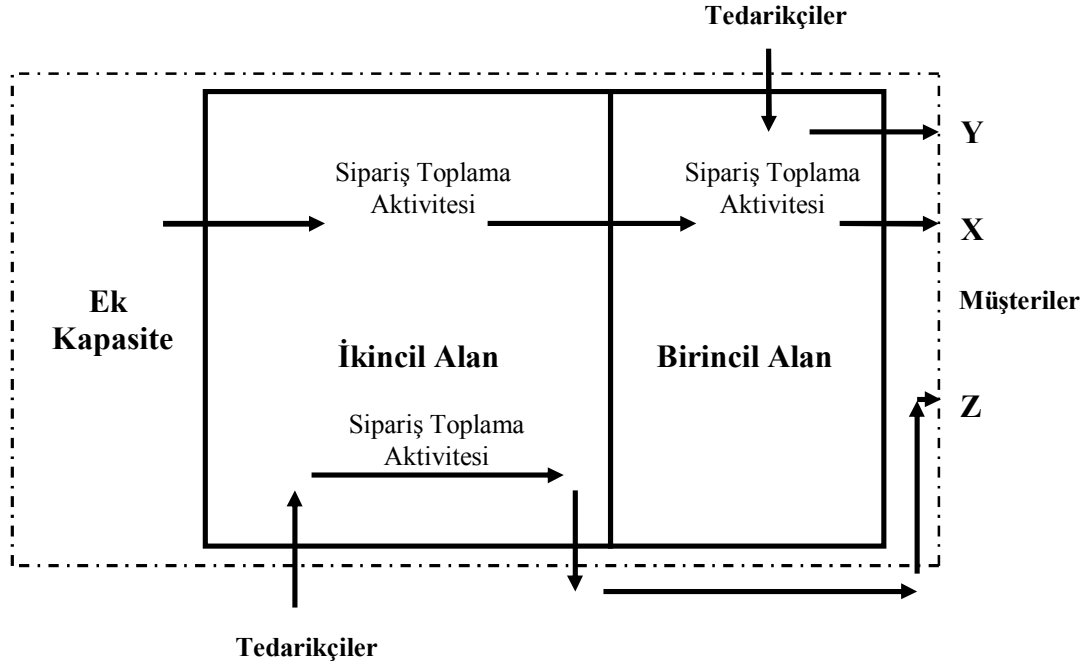
Literatürde oluşturulan makalelerin genelinde varsayım olarak kabul edilen noktalar bu çalışmanın da varsayımları olarak kabul edilecek ve modelde depo operasyon maliyetlerine de yer verilecektir.

4. BEKLEYEN SİPARİŞ DURUMUNDA SÜREKLİ GÖZDEN GEÇİRMEMEYE DAYALI OLASILIKLI (R,Q) STOK KONTROL MODELİ VE DEPO YAPISI

Oluşturulacak modelin şekiller üzerinden de anlatılacağı bu kısmın başlığı çalışmanın içerisinde incelenecek durumları içermektedir. Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere gerçek bir sistemde stokların yıpranmaya uğramadan değerini sabit olarak sürdürmesinin mümkün olmadığı literatürde ki çalışmalardan da örnek verildiği gibi mümkün değildir. Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM) modeli her ne kadar deterministik değişkenler ile stok parametrelerinin belirlenmesi için kullanışlı bir yöntem olsa da hem yıpranmalar hem de oluşacak elde bulundurmama maliyetini göz önünde bulundurmamaktadır. Bu nedenle bu çalışma içerisinde olasılıklı talep yapısı üzerinde durularak sürekli gözden geçirmeye dayalı (R,Q) stok modeli ile yeniden sipariş noktası (R) ve sipariş miktarı (Q) belirlenecek oluşacak olan bekleyen sipariş maliyeti incelenecektir. Bilindiği üzere tedarik süresinde oluşan talep olasılıklı olduğunda (herhangi bir olasılık dağılımına uygunluk gösterdiğinde) tedarik süresinde ki talebin (L^D_i) yeniden sipariş noktasını (R) geçmesi halinde belirlenen çevrim hizmet düzeyi ile güvenlik stoğu miktarı ve oluşacak stok yetersizliği belirlenebilmektedir. Bu çalışma içerisinde de belirli varsayımlar altında tedarik süresinde oluşacak talebin normal dağılıma uygun olduğu kabul edilerek bekleyen sipariş maliyeti incelenecektir. Ayrıca, sipariş toplama aktivitesinin iyileştirilebilmesi için depo iki farklı alana ayrılacak maliyetlere göre hangi alandan sipariş toplama aktivitesinin gerçekleşeceğinin belirlenmesi için ürünlerin rotaları bulunacaktır. Şekil 4.1 yıpranmalar ve stok yetersizliğinin ifade edildiği (R,Q) stok kontrol modelini göstermektedir.

durumda siparişin bir sonraki çevrim süresi içerisinde karşılandığı bilinmektedir. Yıpranmalardan oluşan bozulmalar oran olarak belirlendiğinden dolayı $Q^*(\Theta)$ miktarınca düşüş yaşandığı belirtilmekle birlikte Denklem 4.1 pratikte verilmesi gereken sipariş miktarını göstermektedir.

s güvenlik stoğu miktarını belirtmekte ve stok yetersizliği çevrim hizmet düzeyi seviyesine göre belirlenmektedir. Şekil 4.2 iki alanlı depo yapısını göstermektedir.



Şekil 4.2 : İki alanlı depo yapısı ve ürünlerin izlediği rotalar.

Şekil 4.2’de X, Y ve Z rotaları ürünlerin izlediği rotaları göstermektedir. Ürünler, oluşacak olan yenileme, toplama ve sipariş maliyetlerinin alanlar arasında farklılık göstermesinden dolayı bu rotaları izlemektedirler. Aktiviteler sırasıyla ürünlerin teslim alınması, alındıktan sonra depolama alanına ulaştırılması, toplama emrinin siparişe göre verilerek toplamının birleştirme ve ayırma işlemleriyle beraber gerçekleştiği ve en son taşıma işleminin olduğu şeklinde gösterilmiştir. Y rotası sadece birincil alana atanan ürünler için, Z rotası sadece ikincil alana atanan ürünler için ve X rotası en üst düzey yenileme ile birincil alana atanan ve eşzamanlı yenilemenin ikincil alandan yapıldığı ürünler için geçerlidir. Depo kısıtlı kapasiteye sahip olduğundan dolayı X ve Y rotalarından gelen ürün miktarları toplamı birincil alanın kapasitesini, X ve Z rotalarından gelen ürün miktarları toplamı ikincil alanın kapasitesini aşmamalıdır. Her ürün yalnızca bir rota izleyebilmektedir.

Dönemde oluşan talebi karşılamak için verilen siparişler birincil ve ikincil alan içerisinde tutulmaktadır. Ancak yıpranmalardan oluşan ürün kayıplarını telafi etmek

için verilen ekstra siparişler ve stok yetersizliğinden kaynaklanan eksiklikleri telafi etmek için verilecek olan siparişler ek kapasite tedarik edilmesine neden olmaktadır. Her sipariş miktarı (Q) kendi çevriminde oluşan talebi karşılamaktadır. Oluşacak olan stok yetersizliği bir sonraki çevrimde karşılandığından dolayı maliyet oluşmaktadır. Bu çalışma içerisinde maliyetin oluşmaması için edinilmesi gereken ek kapasite miktarlarına da yer verilecektir.

Ek kapasite (EkKap) Denklem 4.4 ile gösterilmektedir.

$$EkKap = \sum_{i=1}^I [Q_i^* - Q_i] * h_i + \sum_{i=1}^I S_{Ri} * h_i \quad (4.4)$$

Kapasite ürün miktarı ile ürün hacimleri (h_i) çarpımı sonucu belirlendiğinden dolayı formül edinilecek olan ek kapasite miktarını göstermektedir.

4.1 Çözülecek Stok Kontrol Modeli ve Çözüm İçin Önerilen Yöntem

4.1.1 Problem

4.1.1.1 Problemin tanımı

Bu çalışmada olasılıklı sürekli gözden geçirmeye dayalı (R,Q) stok modeli ile depo için belirlenen değişkenler birleştirilerek maliyet esaslı ana model oluşturulmuş ve gerçek bir stok kontrol sistemi modellenmiştir. Oluşturulan ana model (R,Q) stok alt modeli ve depo alt modeli olmak üzere iki alt modele ayrılarak depo alan kısıtı altında sipariş miktarı (Q) ve yeniden sipariş noktası (R) parametreleri için dönemsel toplam maliyeti (TC) en düşük kılan çözüm bulunmaya çalışılmıştır. Tedarik süresinde oluşan talep normal dağılıma uymaktadır ve müşteri hizmet seviyesi dikkate alındığında bekleyen sipariş maliyeti ile güvenlik stoğu oluşmaktadır. Depo içerisinde ürünlerin yıpranmaya uğrayacağı dikkate alınmaktadır. Sipariş toplama aktivitesinin iyileştirilmesi için depo iki alana ayrılmakta ve ürünlerin izleyeceği rotalar farklı olmaktadır. Verilecek olan siparişler (Q_i) ve güvenlik stokları (s_i) birincil ve ikincil alanda tutulurken, yıpranmalardan dolayı verilecek olan telafi siparişler ($Q_i^*(\Theta)$) ve çevrim sonunda oluşacak olan stok yetersizliğini karşılamak için verilmesi gereken siparişler (S_{Ri}) kapasite edinilerek ek kapasite içerisinde tutulmaktadır. Problemi şöyle özetlenebilir:

1. Talep dönemsel olarak belirlenmektedir ve talebi karşılayabilmek için siparişler verilmektedir. Belirlenen çevrim hizmet düzeyine göre güvenlik stokları tutulmakta birlikte yeniden sipariş noktaları belirlenmektedir. Alan

kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı verilecek olan siparişler ve tutulacak olan güvenlik stokları sınırlı olmaktadır.

2. Stok yıpranmaları meydana gelmektedir. Yıpranmaları telafi etmek için her çevrimin başına sipariş miktarı üzerine yıpranan ürün sayısı eklenerek sipariş vermek gerekmektedir. Verilen ek siparişler ek kapasitede tutulmaktadır.
3. Bekleyen sipariş durumuna izin verilmektedir. Her sipariş kendi çevrim süresi içerisinde talebi karşılamaktadır. Tedarik süresince oluşacak olan talep yeniden sipariş noktasından büyük olduğunda her çevrim sonunda elde bulundurmama durumu oluşmakta ve talep bir sonraki çevrimde karşılanmaktadır.
4. Sipariş toplama aktivitesinin iyileştirilmesi için depo iki farklı alandan oluşmaktadır. Siparişler üç farklı rota üzerinden tedarik edilebilmektedir. İki alan arasında ikincil alandan birincil alana yenilemeler yapılmaktadır. En yüksek seviyede ki yenileme dönemin başında bir kez, eşzamanlı yenileme ise dönem içerisinde yapılmaktadır. Alanlar arası yenileme yapılacak olan ürünler X rotasını izlemektedir.
5. Çevrim hizmet düzeyinin değişimi ile birlikte sipariş karşılanma oranları da değişmektedir.

4.1.1.2 Performans ölçütleri

Bu çalışmada toplam maliyet ve çevrim hizmet düzeyi arasında ki en iyi nokta bulunmaya çalışılacaktır.

1. Toplam Maliyet

Enk TC

TC: Toplam maliyet [PB]

2. Sipariş Karşılama Oranı

SKO_i: i. ürünün sipariş karşılama oranı [oran]

4.1.1.3 Problemin varsayımları

1. Problem stokastiktir.
2. Depo birincil ve ikincil alan olmak üzere iki farklı alandan oluşmaktadır ve bu alanların kapasiteleri sınırlıdır. Depo boyutu bilinmektedir.
3. Ürünlerin izleyebileceği üç tip rota bulunmaktadır. Her ürün yalnızca bir rotayı izleyebilmektedir.
4. Ürünlerin birincil alanda nerelere atanacağı bilinmektedir.
5. Dönemin başında bir kere üst düzey yenileme (UY) , dönem içinde eşzamanlı yenileme (EY) gerçekleşmektedir.
6. Siparişe göre toplama aktivitesinin maliyetleri birincil ve ikincil alan için farklı oluşmaktadır.
7. Edinme maliyeti birincil ve ikincil alan için farklı oluşmaktadır.
8. Birincil bölgede bölgesel toplama ikincil bölgede kümesel toplama metotları uygulanmaktadır.
9. Alan kapasiteleri hacim olarak hesaplanmaktadır.
10. (Θ) yıpranma oranlarını göstermektedir. Yıpranma oranları birbirine eşittir.
11. Yıpranan ürünler ve güvenlik stoğu miktarları nedeniyle ek kapasite edinilebilmektedir. Ek kapasite, toplam yıpranan ürün sayısı ve stok yetersizliği kadar olmaktadır.
12. Yıpranma yaşandığında ürün eksikliğini giderebilmek için yıpranan ürün sayısı kadar ilave sipariş verilmektedir.
13. Yıpranmalardan oluşan ürün kayıplarını telafi etmek adına verilecek ilave sipariş, elde bulundurma ve sipariş maliyeti oluşturmamaktadır.
14. Bekleyen sipariş maliyetine izin verilmektedir. Maliyetin ne kadar oluştuğu tedarik süresindeki talep ve güvenlik stoğu miktarına bağlıdır.
15. Sistemde stoklar sürekli olarak gözden geçirilmekte ve yeniden sipariş noktasının (R) altına indiğinde Q miktarda sipariş verilmektedir.
16. Sipariş miktarı (Q) zamandan bağımsız ve sabittir.
17. Yeniden sipariş noktası (R) zamandan bağımsız ve sabittir.
18. Tedarik süresinde oluşan talep Normal dağılıma uymaktadır.
19. Tedarik süresi sabittir.
20. Yeniden sipariş noktası (R) tedarik süresince oluşan talebin ortalaması (μ_L^D) ile güvenlik stoğu miktarının (s) toplamına eşittir.

21. Güvenlik stoğu miktarının hesaplanmasında hizmet düzeyi kullanılmaktadır.

22. Bir planlama dönemi bir yıl kabul edilmektedir.

4.1.1.4 Matematiksel model

Notasyonlar:

UYM: En yüksek seviyedeki yenileme maliyeti [PB/yenileme]

EYM: Ürünlerin eşzamanlı olarak yenilenme maliyeti [PB/yenileme]

EYS_i: i. ürünün eşzamanlı yenilenme sayısı [adet]

TM_B: Birincil bölgedeki sipariş toplama maliyeti [PB/toplama]

TM_I: İkincil bölgedeki sipariş toplama maliyeti [PB/toplama]

TS_i: i. ürünün toplama sayısı [adet]

C_{IB}: Birincil alana ürünlerin edinme(sipariş maliyeti) maliyeti [PB/sipariş]

OrtC_{IB}: Birincil alana ürünlerin ortalama edinme(sipariş maliyeti) maliyeti [PB]

C_{II}: İkincil alana ürünlerin edinme(sipariş maliyeti) maliyeti [PB/sipariş]

OrtC_{II}: İkincil alana ürünlerin ortalama edinme(sipariş maliyeti) maliyeti [PB]

C_I: Birincil ve ikincil alana ürünlerin edinme maliyetlerinin ortalaması [PB]

K_i: i. ürünün stok yetersizliği durumunda ki bekleyen sipariş maliyeti [PB/birim]

Kapa_I: İkincil alanın kapasitesi [hacim]

Kapa_B: Birincil alanın kapasitesi [hacim]

Kapa: Toplam kapasite [hacim]

EkKap: Ek kapasite [birim]

EkKapMal: Ek kapasite maliyeti [PB/hacim]

L: Tedarik etme zamanı [gün/sipariş]

C_{Hi}: i. ürünü dönemsel elde bulundurma maliyeti [PB/dönem]

D_i: i. ürünün dönemsel talep miktarı [birim/dönem]

L^D_i: i. ürünün tedarik zamanındaki talebi [birim]

μ_L^D_i: i. ürünün tedarik zamanındaki talebinin ortalaması [birim]

σ_L^D_i: i. ürünün tedarik zamanındaki talebinin standart sapması [birim]

E[L^D_i]: i. ürünün tedarik zamanındaki talebinin beklenen değeri [birim]

s_i: i. ürün için güvenlik stoğu miktarı [birim]

Θ: Yıpranma oranı [oran]

S_{Ri}: i. ürünün çevrim başına beklenen stok yetersizliği [birim]

TC_S: Stok alt modeli toplam maliyet [PB]

z: Seçilen çevrim hizmet düzeyine standart normal dağılım tablosunda karşılık gelen değer

TC: Toplam maliyet [PB]

SKO_i: i. ürünün sipariş karşılanma oranı [oran]

Karar Değişkenleri:

Q_i: i. ürünün sipariş miktarı [birim/sipariş]

Q_i*: Yıpranan ürün sayısının dâhil edildiği i. ürünün sipariş miktarı [birim/sipariş]

R_i: i. ürünün yeniden sipariş noktası [birim]

R_i*: Yıpranan ürün sayısının dâhil edildiği i. ürünün yeniden sipariş noktası [birim]

Rotalar:

i: 1, ..., I ürünleri ifade etmektedir.

x_i:

- 1; Eğer i. ürün ikincil alandan tedarik ediliyorsa, birincil alandan toplanıyorsa
- 0; Yukarıdaki durum sağlanmamış ise

y_i:

- 1; Eğer i. ürün direkt olarak birincil alana tedarik ediliyorsa ve sadece birincil alandan toplanıyorsa
- 0; Yukarıdaki durum sağlanmamış ise

z_i:

- 1; Eğer i. ürün ikincil alana atanmış ise ve sadece ikincil alandan toplanıyorsa
- 0; Yukarıdaki durum sağlanmamış ise

Amaç fonksiyonu:

$$\text{Enk } \sum_{i=1}^I \text{UYM}^*(x_i) \quad (4.5)$$

$$+ \sum_{i=1}^I \text{EYM}^*(x_i) * \text{EYS}_i \quad (4.6)$$

$$+ \sum_{i=1}^I C_{li} * z_i * (D_i/Q_i) + \sum_{i=1}^I C_{li} * x_i * (D_i/Q_i) + \sum_{i=1}^I C_{lb} * y_i * (D_i/Q_i) \quad (4.7)$$

$$+ \sum_{i=1}^I \text{TM}_B * \text{TS}_i * (x_i + y_i) \quad (4.8)$$

$$+ \sum_{i=1}^I \text{TM}_I * \text{TS}_i * z_i \quad (4.9)$$

$$+ \text{EkKapMal} * \text{EkKap} \quad (4.10)$$

$$+ \sum_{i=1}^I C_{Hi} * (Q_i/2 + R_i - \mu_L^{D_i}) \quad (4.11)$$

$$+ \sum_{i=1}^I K_i * (D_i/Q_i) * (\int_{R_i}^{\infty} (L_i^D - R_i) f(L_i^D) dL_i^D) \quad (4.14)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^I [x_i * (Q_i + R_i - \mu_L^{D_i}) * h_i + (Q_i + R_i - \mu_L^{D_i}) * h_i * y_i] \leq \text{KapaB} \quad (4.13)$$

$$\sum_{i=1}^I [(Q_i + R_i - \mu_L^{D_i}) * z_i * h_i + (Q_i + R_i - \mu_L^{D_i}) * h_i * x_i] \leq \text{KapaI} \quad (4.14)$$

$$\sum_{i=1}^I [Q_i * - Q_i] * h_i + \sum_{i=1}^I \text{SR}_i * h_i \leq \text{EkKap} \quad (4.15)$$

$$\sum_{i=1}^I (x_i + z_i + y_i) = 1 \quad (4.16)$$

$$x_i, z_i, y_i, R_i, Q_i, \text{SR}_i, \mu_L^{D_i}, \text{EkKap} \geq 0 \quad \forall i \quad (4.17)$$

Amaç fonksiyonu oluşturulurken Q^* yerine Q kullanılmıştır. Bunun nedeni; yıpranmalardan oluşan ürün kaybının telafisi için verilecek olan ekstra sipariş miktarının normal sipariş ile birlikte gelmesi ve çevrimin başında elde bulunsan bile çevrimin içerisinde tekrar düşüş yaşanmasıdır. Bu nedenle telafi etmek adına verilecek ekstra sipariş miktarı için elde bulundurma ve sipariş maliyeti oluşmadığı varsayılmaktadır. Maliyetleri belirlemede etkin olan değişken Q olmaktadır.

Denklem 4.5 birincil ve ikinci bölge arasında gerçekleşen en yüksek seviyede yenileme maliyetini ifade etmektedir. Bu yenileme türü X rotasını izleyen her ürün(stok) için dönemin başında bir kere gerçekleşmektedir.

Denklem 4.6 birincil ve ikinci bölge arasında gerçekleşen eşzamanlı yenileme maliyetini ifade etmektedir. Bu yenileme türü X rotasını izleyen her ürün(stok) için dönem başı haricinde her çevrim için gerçekleşmektedir. Ürünler tedarikçilerden ikinci alana geldiği için X rotasını izleyen ürünler içinde tedarik süresi bulunmaktadır ve tedarik süresinde oluşacak talep belirsizliklerinden dolayı eksiklik maliyeti oluşmaktadır. Yenilenme sayısı Denklem 4.18 ile gösterilmektedir.

$$D_i / Q_i = EYS_i + 1 \quad (4.18)$$

Denklem 4.7 birincil ve ikinci alan için sipariş maliyetlerini ifade etmektedir.

Denklem 4.8 ve 4.9 sırasıyla birincil ve ikinci alan için sipariş toplama maliyetlerini ifade etmektedir.

Denklem 4.10 edinilecek olan ek kapasite maliyetini ifade etmektedir.

Denklem 4.11 elde bulundurma maliyetini ifade etmektedir.

Denklem 4.12 elde bulundurmama maliyetini ifade etmektedir.

Kısıtlarda Q^* yerine Q' nun kullanılmasının nedeni; yıpranmalardan oluşan miktarın telafisi için verilecek ekstra sipariş miktarının ek kapasitede tutulacak olmasıdır. Verilecek Q miktarda siparişlerin ve güvenlik stoğu miktarlarının toplamının birincil ve ikinci alan kapasitelerini aşmaması gerekmektedir.

Denklem 4.13 X ve Y rotalarını izleyen ürünlerin birincil alanın kapasitesini aşmaması gerektiğini ifade etmektedir.

Denklem 4.14 X ve Z rotalarını izleyen ürünlerin ikinci alanın kapasitesini aşmaması gerektiğini ifade etmektedir.

Denklem 4.15 stok yetersizliği ve ilave sipariş miktarının ek kapasiteyi aşmaması gerektiğini ifade etmektedir.

Denklem 4.16 her ürünün tek bir rota izleyebileceğini ifade etmektedir.

Denklem 4.17 tüm değişkenlerin sıfırdan büyük olması gerektiğini ifade etmektedir.

4.1.1.5 Önerilen çözüm yöntemi

Model hem stok hem de depo değişkenlerini içermesi nedeniyle tam sayılı doğrusal olmayan bir modeldir. Bu tür modellerin çözümü zor olduğu için sezgisel (Sezgisel Sıralı Çözüm) bir yöntem uygulanmıştır. Bu sezgisel yöntemde ana model iki alt

modele ayrılmıştır. Bu alt modeller stok alt modeli ve depo alt modelidir. İlk olarak ana modelimizde sadece stok ile ilgili parametrelerimizi tutarak stok alt modeli lagrange çarpanları yöntemi ile çözülmüş daha sonra stok alt modelinin sonuçları sabit tutularak depo alt modeline uygulanmış ve çözüm sağlanmıştır. Şekil 4.3 uygulanacak algoritmayı göstermektedir.

İlk çevrim hizmet düzeyinin belirlenmesi ve global modelin iki alt modele ayrılmasından sonra stok alt modeli belirlenen çevrim hizmet düzeyine göre çözülmektedir.

Stok alt modelinin çözümüyle birlikte sipariş miktarı için belirtilen denklem kullanılarak sipariş miktarı ve belirlenen çevrim düzeyi kullanılarak güvenlik stoğu ile yeniden sipariş noktası bulunmaktadır.

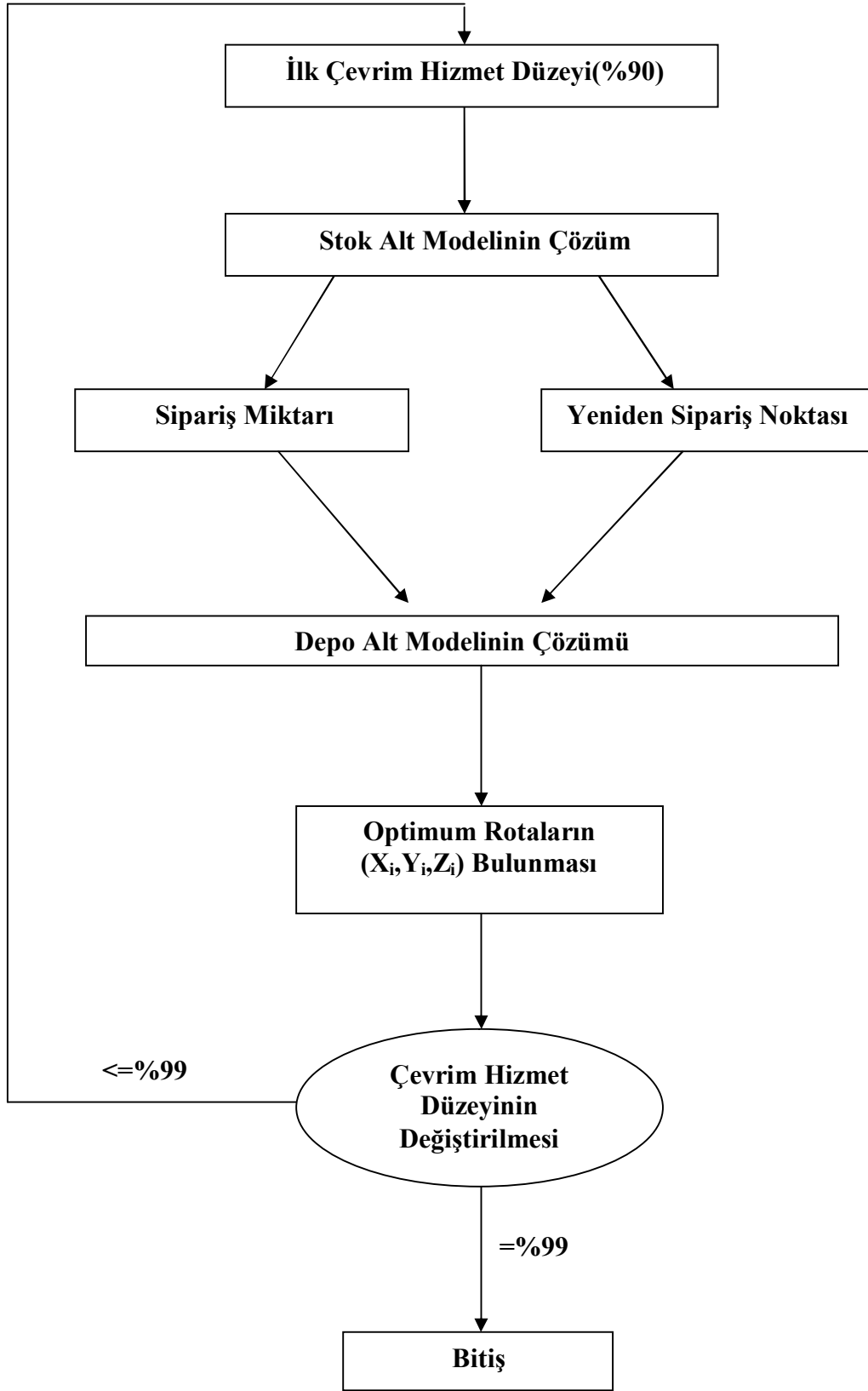
Stok alt modelinin çözümü ile bulunan sipariş miktarı ve yeniden sipariş noktası depo alt modelinin çözümü için sabit tutulmaktadır.

Rotadan değişkenlerini içeren depo alt modeli sabit sipariş miktarı ve yeniden sipariş noktası kullanılarak çözülmektedir.

Stok alt modeli çözümü ile bulunan sipariş miktarı, yeniden sipariş noktası ve depo alt modeli çözümü ile bulunan rota değişkenleri bulunarak ilk belirlenen çevrim hizmet düzeyine göre toplam dönem maliyeti hesaplanmaktadır.

Toplam dönem maliyeti ilk belirlenen çevrim hizmet düzeyine göre bulunduktan sonra çevrim hizmet düzeyi arttırılmaktadır. Çevrim hizmet düzeyi arttırılması sonucu %99 seviyesine ulaşmışsa algoritma sonlandırılmaktadır. Eğer çevrim hizmet düzeyi bu arttırılma ile %99 seviyesinden alt bir değerde kalmış ise ilk servis seviyesi bu aralıkta değiştirilerek algoritma tekrar yürütülmektedir. Bu algoritma basit servis seviyesi bulma prosedürüne (simple service level search procedure) benzemektedir.

Bu tez içerisinde ilk çevrim hizmet düzeyi %90 olarak belirlenmiştir ve bu çevrim hizmet düzeyi ile toplam dönem maliyeti bulunmaktadır. Çevrim hizmet düzeyi %90-99 seviyesine kadar artırılarak %3 arttırılarak bu aralıklarda oluşan toplam dönem maliyetleri hesaplanmakta ve sonuç kısmında şekiller üzerinden karşılaştırmaları belirtilmektedir.



Şekil 4.3 : Çözüm algoritması.

Stok alt modeli:

$$\begin{aligned}
& \text{Enk} \sum_{i=1}^I C_{Hi} * (Q_i/2 + R_i - \mu_{L^D_i}) \\
& + \sum_{i=1}^I C_{Li} * z_i * (D_i/Q_i) + \sum_{i=1}^I C_{Li} * x_i * (D_i/Q_i) + \sum_{i=1}^I C_{Lb} * y_i * (D_i/Q_i) \\
& + \sum_{i=1}^I K_i * (D_i/Q_i) * \left(\int_{R_i}^{\infty} (L^D_i - R_i) f(L^D_i) dL^D_i \right) \\
& + \text{EkKap} * \text{EkKapMal}
\end{aligned}$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned}
& \sum_{i=1}^I [x_i * (Q_i + R_i - \mu_{L^D_i}) * h_i + (Q_i + R_i - \mu_{L^D_i}) * y_i * h_i] \leq \text{KapaB} \\
& \sum_{i=1}^I [(Q_i + R_i - \mu_{L^D_i}) * z_i * h_i + (Q_i + R_i - \mu_{L^D_i}) * x_i * h_i] \leq \text{KapaI} \\
& \sum_{i=1}^I [(Q_i * - Q_i) + \sum_{i=1}^I S_{Ri}) * h_i] \leq \text{EkKap}
\end{aligned}$$

$$x_i, z_i, y_i, R_i, Q_i, S_{Ri}, \mu_{L^D_i}, \text{EkKap} \geq 0 \quad \forall i.$$

Modeli depo değişkenlerinden (x_i, y_i, z_i) arındırmak için edinme (sipariş) maliyetini rotalardan bağımsız tutarak Denklem 4.7' den Denklem 4.19 elde edilmiştir.

$$\sum_{i=1}^I C_L * (D_i/Q_i) \quad (4.19)$$

$$C_L = (\text{Ort}C_{Li} + \text{Ort}C_{Lb})/2 \quad (4.20)$$

Denklem 4.20 daha önceki siparişlerde oluşan sipariş maliyetlerinin ortalamasıdır ve stok alt modelinin çözümünde Denklem 4.19 içerisinde kullanılacaktır.

Aynı şekilde kısıtlar depo değişkenlerinden arındırılarak kapasite kısıtları Denklem 4.21' de tek bir kısıt olarak ifade edilmiştir.

$$\sum_{i=1}^I [(Q_i + R_i - \mu_{L^D_i}) * h_i + (Q_i * (\Theta) + S_{Ri}) * h_i] \leq \text{Kapa} + \text{EkKap} \quad (4.21)$$

Denklem 4.21 içerisinde ki Kapa notasyonu Denklem 4.22 kullanılarak elde edilmiştir. Denklem 4.22'de Kapa, KapaB ve KapaI'nın toplanmasıyla bulunmaktadır.

$$\text{Kapa} = \text{KapaB} + \text{KapaI} \quad (4.22)$$

Stok alt modeli yukarıda ki işlemlerle beraber depo değişkenlerinden arınmış haldedir. Stok alt modeli lagrange çarpanı yöntemi ile çözülecektir.

Lagrange çarpanı yöntemi ve adımları

Bu yöntemin amacı dönemsel toplam maliyeti (TC) en küçükleyerek sipariş miktarını (Q) bulmaktır.

Adım 1.

$$L(\lambda, Q_i) = \sum_{i=1}^I C_{Hi} * (Q_i/2 + R_i - \mu_{L^D_i}) + \sum_{i=1}^I K_i * (D_i/Q_i) * (\int_{R_i}^{\infty} (L^D_i - R_i) f(L^D_i) dL^D_i) + \sum_{i=1}^I C_i * (D_i/Q_i) + EkKap * EkKapMal + \lambda * ((\sum_{i=1}^I [(Q_i + R_i - \mu_{L^D_i}) * h_i] - (Kapa))) \quad (4.23)$$

Burada $\lambda(>0)$ Lagrange çarpanıdır.

Adım2.

Amaç fonksiyonunu en küçükleme ve sipariş miktarının (Q) kapasiteyi (kapa) aşmaması için Lagrange denkleminin (4.23) Q ve λ 'ya göre kısmi türevleri alınıp sıfıra eşitlenir. Bu durumda Denklem 4.24 ve 4.25 elde edilir.

$$\partial L / \partial Q_i = (C_{Hi} / 2) - ((K_i * D_i / Q_i^2) * (\int_{R_i}^{\infty} (L^D_i - R_i) f(L^D_i) dL^D_i)) - (C_i * D_i / Q_i^2) + \lambda = 0 \quad (4.24)$$

$$\partial L / \partial \lambda = ((Q_i + R_i - \mu_{L^D_i}) * h_i - (Kapa)) = 0 \quad (4.25)$$

Adım3.

Denklem 4.24 ve 4.25'in beraber çözülmesi ile birlikte sipariş miktarı (Q) Denklem 4.26'da bulunmuştur.

$$Q_i = \sqrt{(2D_i(K_i(\int_{R_i}^{\infty} (L^D_i - R_i) f(L^D_i) dL^D_i) + C_i) / (C_{Hi} + 2\lambda))} \quad (4.26)$$

Teorikte sipariş miktarı depolama kısıtı altında Denklem 4.26' da ifade edilmektedir. Pratikte sipariş miktarını belirlemek için, Q miktarı üzerine yıpranmalardan dolayı oluşan ürün kayıplarını ($Q^*(\Theta)$) ilave etmemiz gerekmektedir. Ancak belirlenen Q depo kısıtları altında belirlendiğinden ve yıpranmalardan dolayı oluşacak ürün kayıpları eklenmediğinden bu kayıpların telafisi için verilecek siparişler ek kapasite edinilerek stokta tutulacaktır.

Sipariş miktarı denklemini ifade ettikten sonra yeniden sipariş noktasının belirlenmesi (R) gerekmektedir. Yeniden sipariş noktası (R) Denklem 4.27 ile hesaplanmaktadır:

$$R_i = \mu_{L^D_i} + s_i \quad (4.27)$$

Yeniden sipariş noktası formülünde bulunan güvenlik stoğu miktarı (s) belirlenen müşteri hizmet seviyesine göre oluşmaktadır. Güvenlik stoğu miktarı tedarik süresi sabit olduğunda Denklem 2.19' da ifade edildiği şekilde hesaplanmaktadır.

Tedarik süresinde oluşan talep normal dağılıma uygun olduğundan dolayı Denklem 2.19'da bulunan z değeri, seçilen çevrim hizmet düzeyine normal dağılım tablosundan karşılık gelen değer olup tedarik süresinde oluşan talebin ne kadarlık kısmının karşılanması ile ilgilidir.

Seçilen müşteri hizmet seviyesine göre tedarik süresinde oluşan talebin (L^D_i) yeniden sipariş noktasından (R) büyük olma ihtimali bulunmaktadır. Bu durumda bekleyen sipariş maliyeti oluşmaktadır. Bekleyen sipariş maliyetinin tam olarak belirlenebilmesi için kaç tane üründen dolayı stok yetersizliği meydana geldiğinin bulunması gerekmektedir. Lau ve Lau (2002) makalelerinde normal dağılıma uygun tedarik süresinde oluşacak talep için her çevrimde beklenen stok yetersizliğinin bulunması için Denklem 4.28' i önermektedir. ϕ standart normal dağılımın yoğunluk fonksiyonunu ifade ederken, ω kümülatif dağılım fonksiyonunu ifade etmektedir.

$$S_{Ri} = \int_{Ri}^{\infty} (L^D_i - R_i) f(L^D_i) dL^D_i = \mu_{L^D_i} \phi(z) - \sigma_{L^D_i} \omega(z) \quad (4.28a)$$

$$S_{Ri} = (\mu_{L^D_i} - R_i)[1 - \phi(z)] + \sigma_{L^D_i} \omega(z) \quad (4.28b)$$

$$S_{Ri} = (-s) * [1 - \phi(z)] + \sigma_{L^D_i} \omega(z) \quad (4.28c)$$

Denklem 4.19 ve 4.21 ile (rotalardan bağımsız tutulduğunda) stok alt modelinin toplam maliyeti ve kısıtları aşağıdaki gibi oluşmaktadır. Stok alt modeli artık depo parametrelerinden ayrılmıştır.

Stok alt modeli toplam maliyet:

$$\begin{aligned} TC_S = & \sum_{i=1}^I C_{Hi} * (Q_i/2 + R_i - \mu_{L^D_i}) + \sum_{i=1}^I C_i * (D_i/Q_i) \\ & + \sum_{i=1}^I K_i * (D_i/Q_i) * (\int_{Ri}^{\infty} (L^D_i - R_i) f(L^D_i) dL^D_i) \\ & + EkKap * EkKapMal \end{aligned}$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^I [(Q_i + R_i - \mu_{L^D_i}) * h_i] & \leq Kapa \\ \sum_{i=1}^I [Q_i * -Q_i] * h_i + \sum_{i=1}^I S_{Ri} * h_i & \leq EkKap \\ R_i, Q_i, S_{Ri}, \mu_{L^D_i}, EkKap & \geq 0 \quad \forall i. \end{aligned}$$

Depo alt modeli

$$\begin{aligned} & \text{Enk } \sum_{i=1}^I \text{ UYM }^*(x_i) \\ & + \sum_{i=1}^I \text{ EYM }^*(x_i) * \text{ EYS}_i \\ & + \sum_{i=1}^I C_{li} * z_i * (D_i / Q_i) + \sum_{i=1}^I C_{li} * x_i * (D_i / Q_i) + \sum_{i=1}^I C_{lb} * y_i * (D_i / Q_i) \\ & + \sum_{i=1}^I \text{ TM}_B * \text{ TS}_i * (x_i + y_i) \\ & + \sum_{i=1}^I \text{ TM}_I * \text{ TS}_i * z_i \end{aligned}$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^I [x_i * (Q_i + R_i - \mu_L^D) * h_i + (Q_i + R_i - \mu_L^D) * y_i * h_i] \leq \text{KapaB} \\ & \sum_{i=1}^I [(Q_i + R_i - \mu_L^D) * z_i * h_i + (Q_i + R_i - \mu_L^D) * x_i * h_i] \leq \text{KapaI} \\ & \sum_{i=1}^I (x_i + z_i + y_i) = 1 \\ & x_i, z_i, y_i, Q_i, \mu_L^D, R_i \geq 0 \forall i. \end{aligned}$$

Denklem 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.13, 4.14 ve 4.16 ile depo alt modeli ve kısıtları yukarıda ifade edildiği şekilde oluşmaktadır. Depo alt modelinde ulaşılması gereken nokta hangi ürünün birincil veya ikincil alana atanacağı ve atandığı zaman ürünlerin hangi rotaları takip edeceğidir. Bu kararları verebilmek ve birincil alan ve bu alana atanan ürün sayısını en iyi veya istenen düzeyde (en iyiye yakın) sağlayabilmek için birincil ve ikincil alanın toplam alan üzerinden nasıl paylaşılacağını ve kaç tane ürünün birincil alana atanacağını kararının beraber verilmesi gerekmektedir.

5. UYGULAMA

Tezin uygulama bölümü Hedef Ecza Deposu Tic. A.Ş. Trabzon şubesinde hazırlanmıştır. Kurulu olduğu il ve çevre illerle birlikte 5 ile hizmet veren ecza deposu Doğu Karadeniz bölgesinde eczanelerin en büyük tedarikçilerindendir.

Depo içerisinde 20, sevkiyat kısmında 20, yönetim ve diğer personeller 48 olmakla birlikte toplamda 88 kişilik kadrosu ile bölgenin sayılı ecza depoları arasında yer almaktadır.

Depo içerisinde ilaç ve itriyat ürünleri için 440 m³ etken alan kullanılmakla birlikte bu alan içerisinde 5 reyon, 10 kontrol noktası ve 30 adet raf bulunmaktadır.

Ürün yelpazesi içerisinde büyük oranda ilaç bulunmasının yanında itriyat (kozmetik v.b) ürünleride bulunmaktadır. Toplamda 1386 çeşit ürün farklı tedarikçilerden satın alınarak talep miktarına bağlı olarak genellikle eczanelere satılmaktadır.

Bölgenin yapısına bağlı olarak ilaç talepleri değişebileceğinden ve ihtiyaç duyulduğunda ilaçlara ulaşılması gerektiğinden dolayı ecza deposunda elde bulundurmama durumunun mümkün olduğunca azaltılması gerekmektedir. Bu nedenle tezin uygulama bölümünde çevrim hizmet düzeyleri yüksek oranlarda belirlenmiştir.

5.1 Stok Alt Modelinin Çözümü

Uygulamanın yapıldığı şirkette malzemeler sipariş edilirken siparişin onaylanması, siparişin verilmesi, ürünler geldikten sonra kabul muayenelerinin yapılması, fatura işlemleri, depo girişi ile ilgili işlemler ve ulaştırma masrafları sipariş mâliyetini oluşturmaktadır. Bu durumda sipariş maliyeti (C_1) sipariş başına 24 TL olarak belirlenmiştir.

Elde buludurma maliyeti (C_{Hi}) ise her ürün için ayrı olarak sermaye maliyeti, depolama ve elleçleme maliyeti, stok riski maliyeti ve stok hizmet maliyetinin toplanması sonucu farklı çevrim hizmet düzeylerine göre bulunmuştur.

Çizelge 5.1 : Elde bulundurma maliyetleri.

Ürün Kodu	Ürün İsmi	Chi			
		ÇHD = %90	ÇHD =%93	ÇHD=%96	ÇHD=%99
19	Acetylcystein	0,94	0,97	0,99	1,02
93	Aksu Vital	4,81	4,86	4,92	4,97
162	Alpha D3	3,45	3,55	3,66	3,77
1543	Gentreks	0,07	0,07	0,07	0,08
2189	M-eslon	2,79	2,88	2,96	3,06

Çizelge 5.1 elde bulundurma maliyetlerini 5 farklı ürün için göstermektedir.

Çizelge 5.2 : Elde bulundurma alt maliyet kalemleri.

Ürün Kodu	SM	DEM	SRM	SHM			
	0,104			90%	93%	96%	99%
19	0,4753	0,15727	0,23	0,08	0,11	0,13	0,16
93	0,9901	3,17691	0,48	0,17	0,22	0,27	0,33
162	2,0457	0,06417	0,98	0,35	0,46	0,57	0,68
1543	0,0385	0,00708	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
2189	1,6505	0,06228	0,79	0,29	0,37	0,46	0,55

Çizelge 5.2 elde bulundurma maliyetini oluşturan sermaye, depolama ve elleçleme, stok riski ve stok hizmet alt maliyetlerinin 5 farklı ürün için değerlerini göstermektedir.

Çizelge 5.3 : Elde bulundurmama maliyeti ve eksiklik miktarları.

Ürün Kodu	Ki	Eksiklik Miktarı			
		ÇHD = %90	ÇHD =%93	ÇHD=%96	ÇHD=%99
19	0,01481	1,045221287	0,68357706	0,3564714	0,0748134
93	0,03069	0,74185778	0,48517664	0,25300967	0,05309966
162	0,06031	0,48775517	0,31899297	0,16634830	0,03491186
1543	0,00108	0,54970126	0,35950586	0,18747493	0,03934575
2189	0,04911	0,58391128	0,38187928	0,19914222	0,04179438

Çizelge 5.3 birim elde bulundurmama maliyetini ve farklı çevrim hizmet düzeylerinde oluşan eksiklik miktarlarını 5 farklı ürün için göstermektedir.

5.1.1 Stok değişkenlerinin belirlenmesi

Ekonomik Sipariş Miktarları (Q_i) Denklem 4.26 kullanılarak toplamda 1386 ürün için 440 m³ depo kapasite kısıtı altında belirlenmiştir.

Çizelge 5.4 : Sipariş miktarları.

Ürün Kodu	Q			
	ÇHD = %90	ÇHD = %93	ÇHD = %93	ÇHD = %99
19	742	736	726	698
93	218	217	215	212
162	168	166	164	160
1543	1283	1283	1264	1159
2189	214	211	208	202

Çizelge 5.4 depo kısıtı altında 5 farklı ürün için farklı çevrim hizmet düzeylerinde belirlenen sipariş miktarlarını göstermektedir.

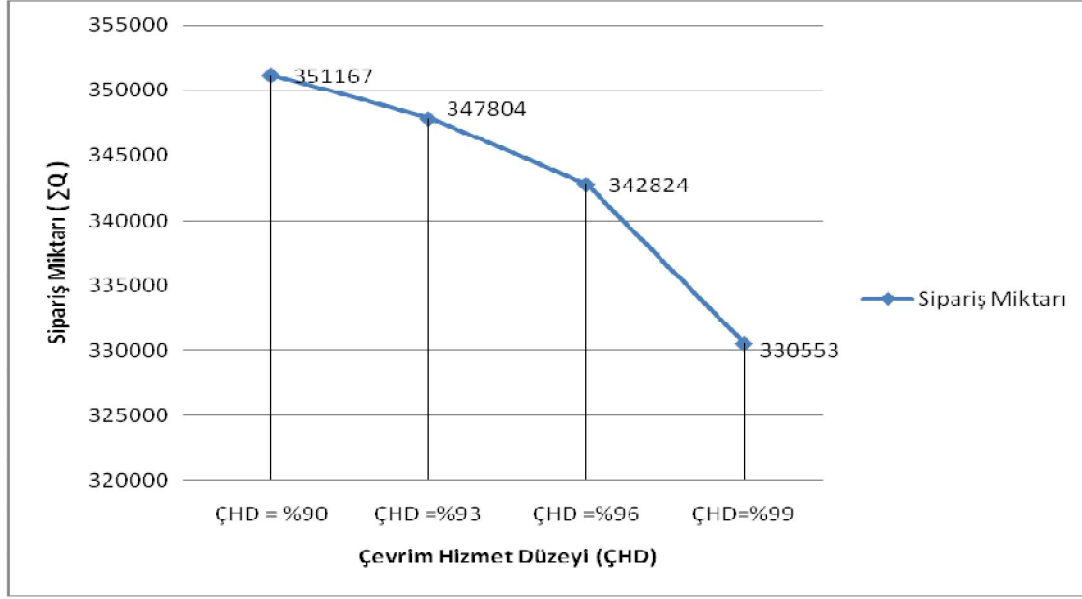
Çizelge 5.5 : Yeniden sipariş noktaları.

Ürün Kodu	R			
	ÇHD = %90	ÇHD = %93	ÇHD = %96	HD = %99
19	149	153	159	172
93	76	79	83	92
162	37	39	41	47
1543	143	145	148	155
2189	48	50	53	61

Çizelge 5.5 farklı çevrim hizmet düzeyleri için 5 farklı ürünün yeniden sipariş noktasını göstermektedir.

5.1.2 Stok alt modelinin sonuçlarının değerlendirilmesi

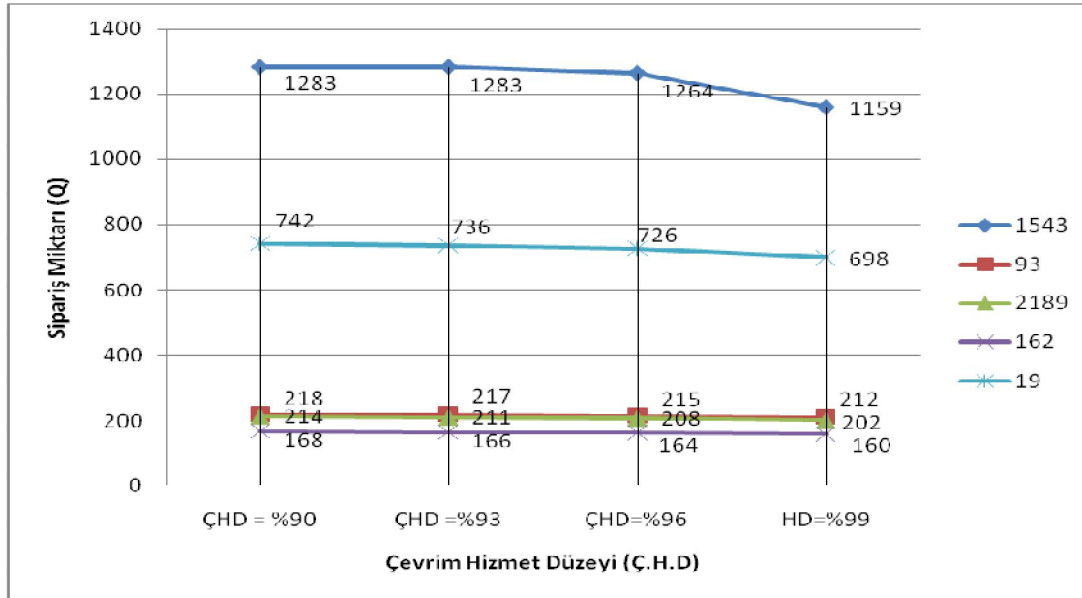
Şekil 4.3’de gösterildiği üzere ana model iki alt modele ayrılmıştır. İlk olarak stok alt modeli çözülmüş daha sonra bu modelin sonuçları sabit tutularak depo alt modeli çözülmüştür. Bu başlık altında stok alt modelinin sonuçları değerlendirilecek ve birbirleriyle ilişkili olan değişkenler yorumlanacaktır. Şekil 5.1 çevrim hizmet düzeyi (ÇHD) artışının toplam sipariş miktarına olan etkisini göstermektedir.



Şekil 5.1 : Çevrim hizmet düzeyi ile toplam sipariş miktarı ilişkisi.

Şekil 5.1’den anlaşılacağı üzere ÇHD arttıkça bir çevrimde verilecek olan toplam sipariş miktarı azalmaktadır. Azalma ÇHD aralıklarında eşit olarak gerçekleşmemekle birlikte %96-99 ÇHD aralığında en büyük azalma meydana gelmektedir.

Şekil 5.2 ÇHD artışının 5 farklı ürünün sipariş miktarlarına olan etkisini göstermektedir.

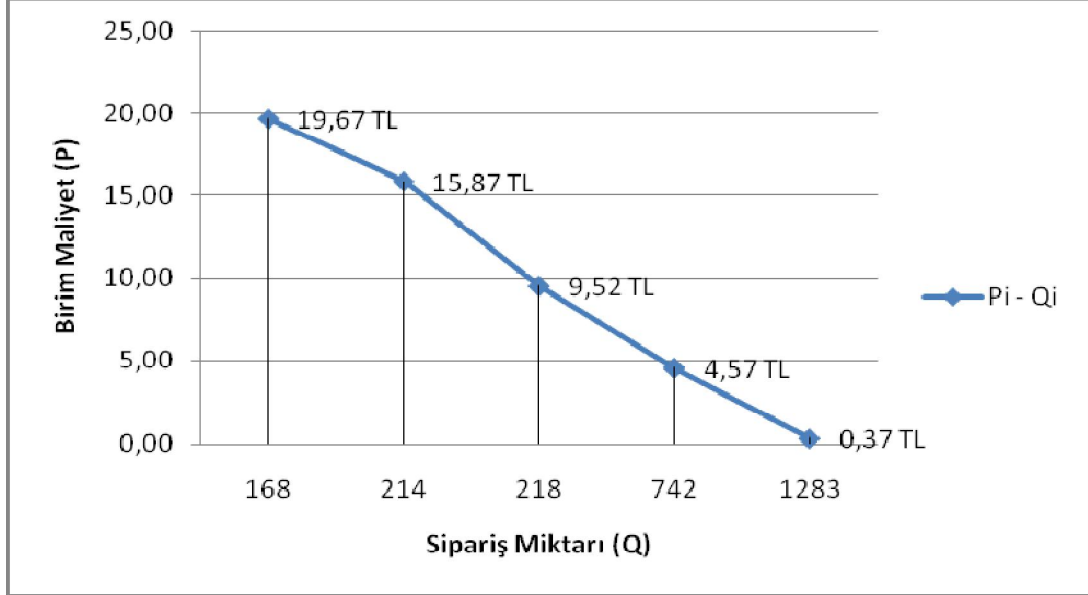


Şekil 5.2 : Çevrim hizmet düzeyi ile ürün sipariş miktarı ilişkisi.

Şekil 5.2’de sağ tarafta yer alan numaralar ürün kodlarını göstermekle birlikte (1543 kodlu ürün hariç) ÇHD arttıkça sipariş miktarında azalma meydana gelmektedir. 1543 kodlu ürünün sipariş miktarında %93 ÇHD’ye kadar herhangi bir değişim

meydana gelmemiş daha sonra bu ürünün de sipariş miktarı azalmıştır. Bunun nedeni ÇHD'nin artmasıyla stok miktarında artması gerekirken ve 1543 kodlu ürünün güvenlik stoğunun ÇHD ile yeteri kadar artmamış olmasıdır.

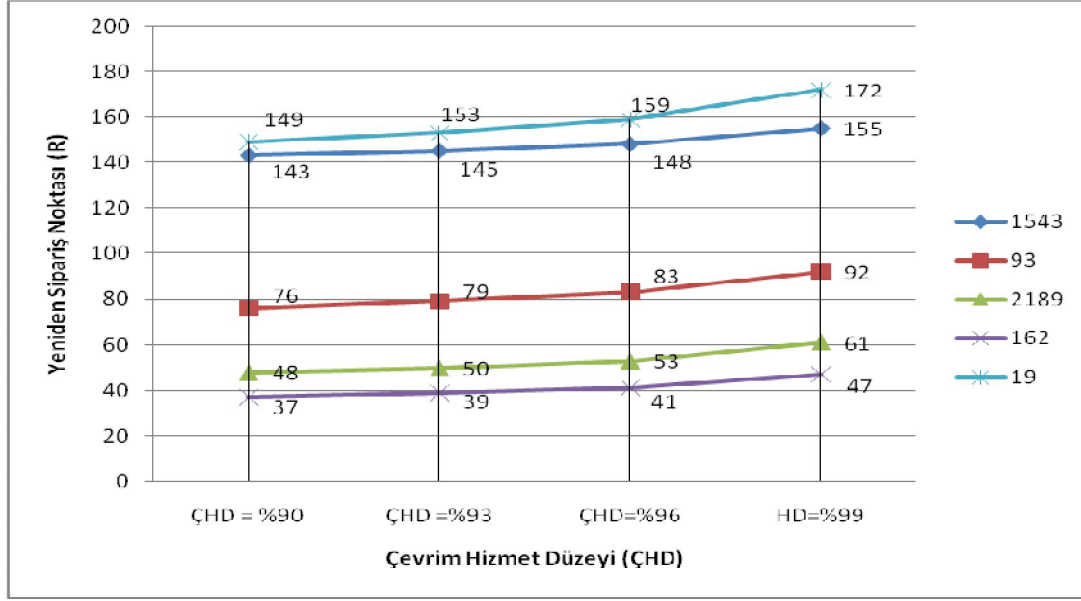
Şekil 5.3 birim maliyetleri farklı olan 5 ürün için sipariş miktarlarını göstermektedir.



Şekil 5.3 : Birim maliyet ile sipariş miktarı ilişkisi.

Şekil 5.3'e bakıldığında talep yapısının ürün fiyatlarıyla ilişkili olması sipariş miktarlarına da yansımaktadır. Sipariş miktarlarının ürün fiyatları aynı oranda değişim göstermediği Şekil 5.3'den anlaşılmaktadır. Talep yapısı bölgenin ilaç ihtiyacına göre değişim göstermekle birlikte yüksek talep olan ürünlerin fiyatları genel olarak düşük seyretmektedir.

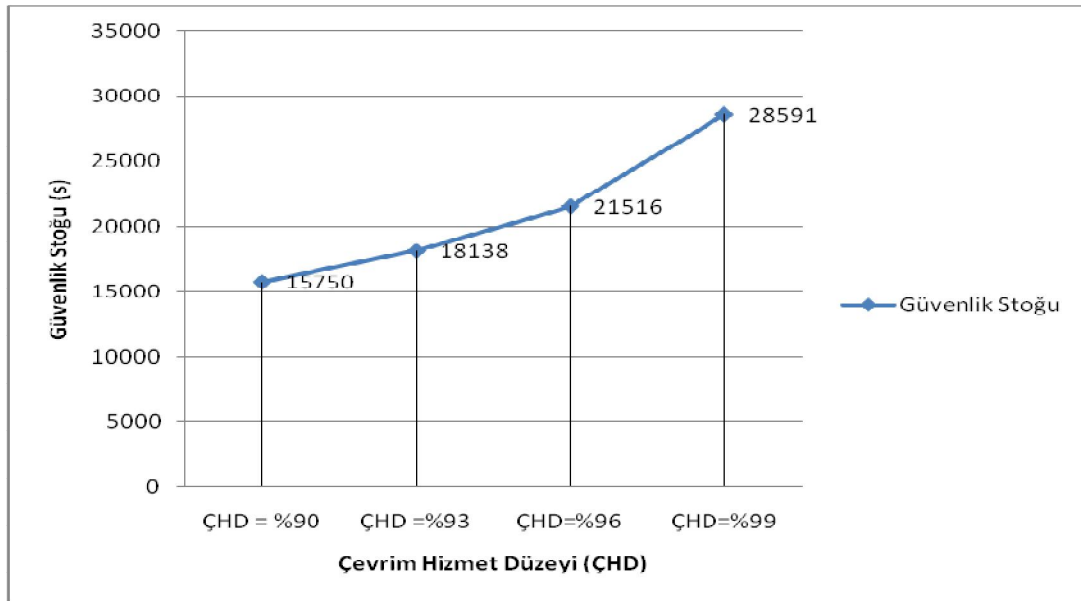
Şekil 5.4 ÇHD artışının 5 farklı üründe R'ye olan etkisini göstermektedir. Dikkat edilecek olursa sonuçlar kısmında hem bu şekil hem diğer şekiller için 5 farklı üründe meydana gelen değişimler incelenmektedir. Bu 5 farklı ürün talep, standart sapma, satın alma fiyatı ve diğer değişkenler açısından diğerlerinden farklılık gösteren ürünler olduğu için seçilmiştir. Toplamda 1386 farklı ürün için tüm sonuçların belirtilmesi mümkün olmadığı için 5 farklı ve diğerlerinden ayırım gösteren ürünlerin seçilmesi yorumların daha net açıklanmasını sağlamaktadır. Farklı ürünler içinde değerlendirmelerin yapılabileceği ama yorumların ve sonuçların bu kadar net olmayacağı açıktır.



Şekil 5.4 : Çevrim hizmet düzeyi ile yeniden sipariş noktası ilişkisi.

Şekil 5.4'e bakıldığında yeniden sipariş noktasının %96 ÇHD'ye kadar olan artış hızıyla %96-99 arası artış hızı eşit değildir. Bunun nedeni %99 ÇHD için güvenlik stoğunun yüksek olmasıdır. Denklem 2.16'da ifade edildiği şekilde hesaplanan yeniden sipariş noktası güvenlik stoğundaki değişimlerden ve dolaylı olarak ÇHD'de ki değişimlerden önemli derecede etkilenmektedir.

Şekil 5.5 ÇHD artışının çevrimdeki toplam güvenlik stoğuna olan etkisini göstermektedir.



Şekil 5.5 : Çevrim hizmet düzeyi ile güvenlik stoğu ilişkisi.

Şekil 5.5’den anlaşılacağı üzere ÇHD arttırılırsa güvenlik stoğuda artacaktır. Güvenlik stoğu artışı normal dağılıma uygun olan tedarik zamanında ki talebin standart sapmasına bağlı olduğundan dolayı ÇHD’nin eşit oranda arttırılması güvenlik stoğuna eşit oranda yansımayacaktır.

Şekil 5.6 çevrim hizmet düzeyi, sipariş miktarı, yeniden sipariş noktası ve güvenlik stoğu arasındaki ilişkiyi 5 farklı ürün için göstermektedir.

Sonuçların daha net anlatılabilmesi için sipariş noktası, yeniden sipariş noktası, güvenlik stoğu aynı şekil üzerinden açıklanmıştır.

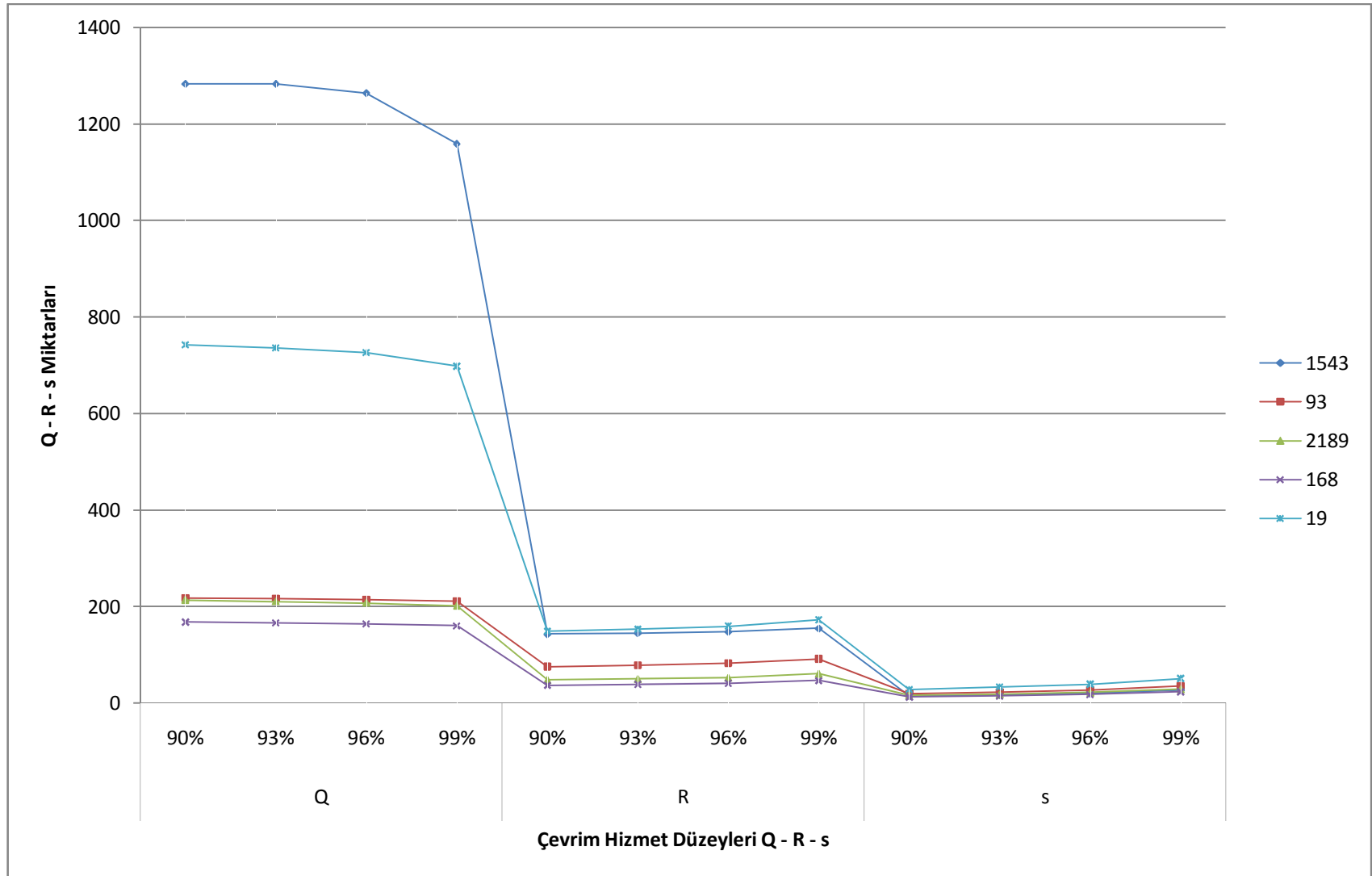
Şekil 5.6’ nın daha net anlatılması ve anlaşılabilmesi için aşağıdaki bilgilerin aktarılmasında fayda bulunmaktadır.

Sipariş miktarında 19 ve 1543 kodlu ürünler arasında çok yüksek fark olması ancak bu farkın yeniden sipariş noktası ve güvenlik stoğunda kapanması hatta 19 kodlu ürünün 1543 kodlu ürünü yeniden sipariş noktası ve güvenlik stoğu aralıklarında geçmesi dikkat çekicidir.

19 ve 1543 kodlu ürünler için tedarik süresinin ve bu süre içerisinde oluşan talebin standart sapmasının incelenmesi gerekmektedir.

93,2189 ve 168 kodlu ürünlerin tedarik süresinde oluşan taleplerinin standart sapmasının yüksek olmadığı sipariş miktarı, yeniden sipariş noktası ve güvenlik stoğu düzeylerinde birbirlerinin üstüne çıkmamasından anlaşılmaktadır.

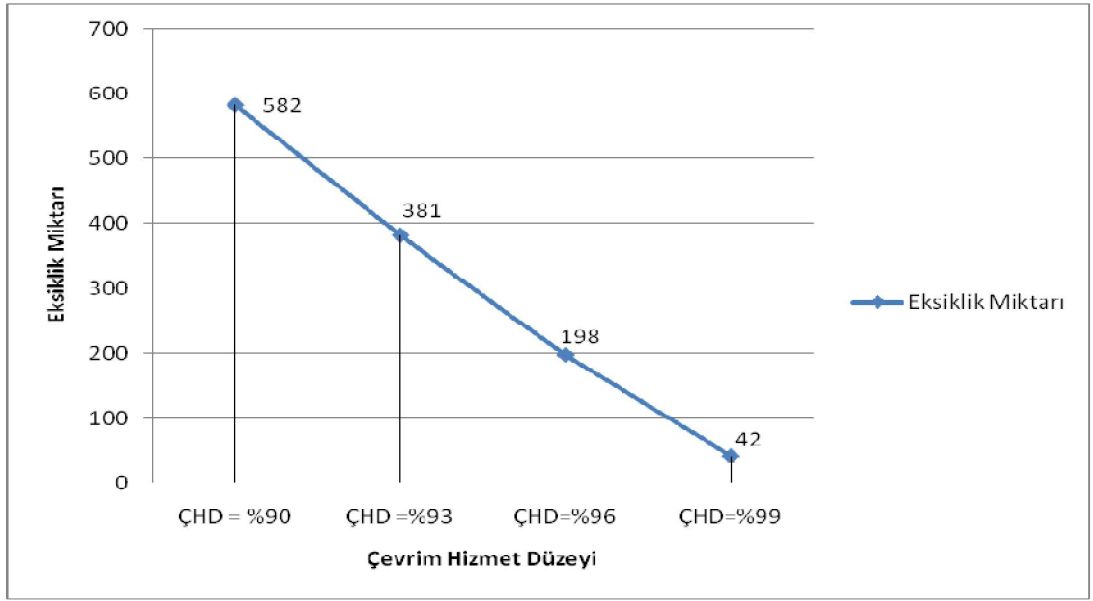
Standart sapmanın güvenlik stoğu ve yeniden sipariş noktasını direkt etkilerken, sipariş miktarını eksiklik miktarı üzerinden dolaylı olarak etkilediğinin belirtilmesinde fayda bulunmaktadır.



Şekil 5.6 : Çevrim hizmet düzeyi ile sipariş miktarı, yeniden sipariş noktası, güvenlik stoğu ortak ilişkisi.

Şekil 5.6'ya bakıldığında sipariş miktarlarında görülen farkın büyüklüğü yeniden sipariş noktalarında azalmakta ve güvenlik stoğunda birbirine yakın bir seyir izlemektedir. Bunun nedeni tedarik süresinin az olmasıyla birlikte sipariş miktarının dönemsel talebin büyüklüğünden önemli derecede etkilenmesi, yeniden sipariş noktasının tedarik sürecinde oluşan talebin ortalamasından önemli derecede etkilenmesi ve güvenlik stoğunun tedarik sürecinde oluşan talebin standart sapmasından etkilenmesidir.

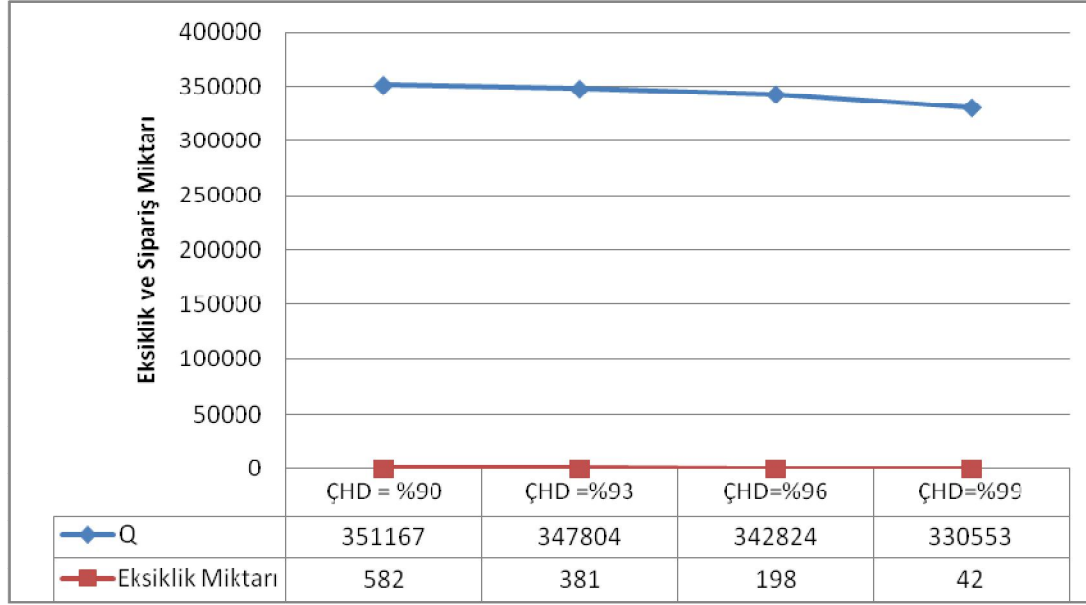
Şekil 5.7 ÇHD artışının çevrimdeki toplam eksiklik miktarına olan etkisini göstermektedir.



Şekil 5.7 : Çevrim hizmet düzeyi ile eksiklik miktarı ilişkisi.

ÇHD'nin %90-93 aralığındaki artışıyla eksiklik miktarında meydana gelen azalmanın büyüklüğü %93-96 arasında meydana gelen azalmanın büyüklüğünden fazladır. Bunun nedeni, ÇHD arttıkça yeniden sipariş noktasının ve güvenlik stoğunun artmasıyla birlikte eksiklik miktarındaki azalmanın düşmesidir.

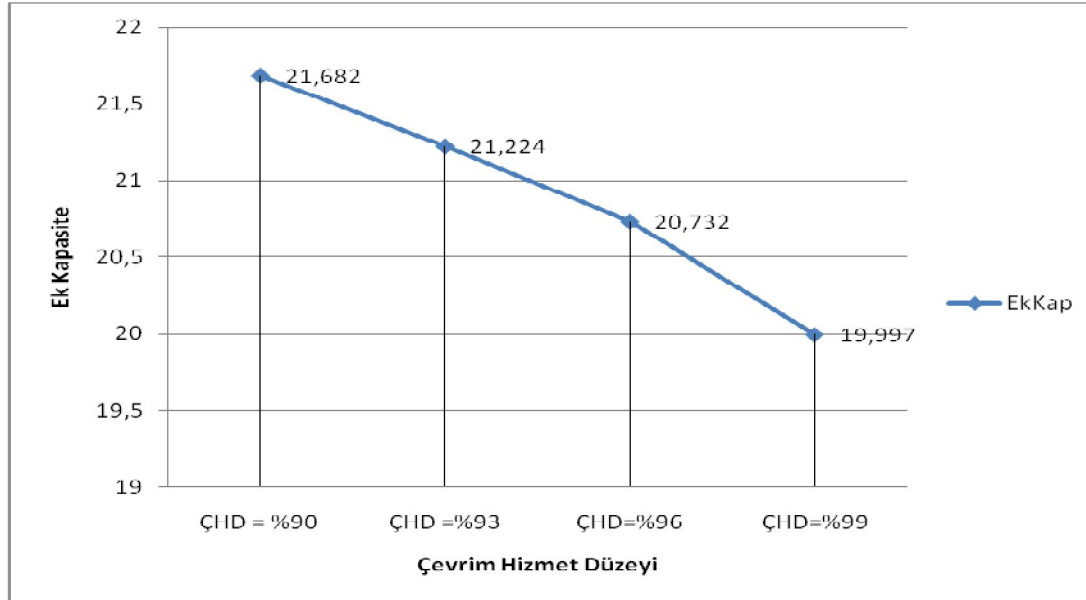
Şekil 5.8 sipariş miktarı ve eksiklik miktarı arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 5.8 : Sipariş miktarı ile eksiklik miktarı ilişkisi.

Şekil 5.1’de de belirtildiği üzere ÇHD arttığında çevrimdeki toplam sipariş miktarı azalmaktadır. Şekil 5.4 ve 5.5’de de belirtildiği üzere ÇHD arttığında yeniden sipariş noktası ve güvenlik stoğu artmaktadır. Eksiklik miktarının Denklem 4.26’da ifade edildiği şekilde hesaplanan sipariş miktarına dolaylı olarak etkisi bulunmaktadır.

Şekil 5.9 ÇHD artışının ek kapasiteye olan etkisini göstermektedir.



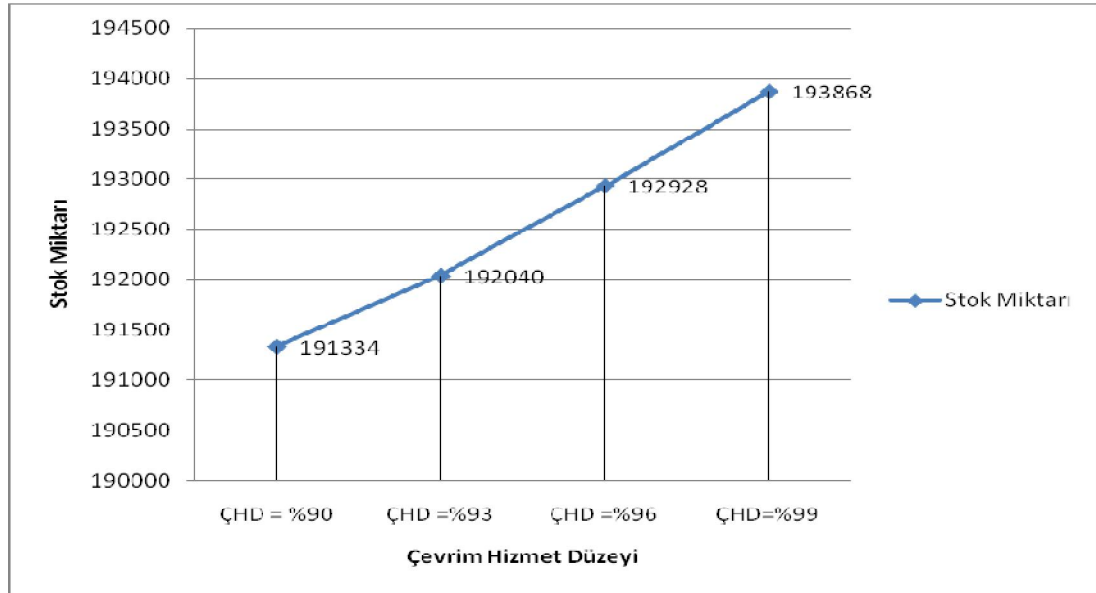
Şekil 5.9 : Çevrim hizmet düzeyi ile ek kapasite ilişkisi.

Güvenlik stoğunun ek kapasiteye önemli derecede etkisinin oluşu ÇHD artışının gerekli olan ek kapasite miktarını azaltmasına neden olmaktadır.

Çizelge 5.6 : Çevrim hizmet düzeyinin değişkenler üzerindeki yüzdesel değişimi.

	Çevrim Hizmet Düzeyi		
	%90-93	%93-96	%96-99
Güvenlik Stoğu	15,16%	18,62%	32,88%
Sipariş Miktarı	-0,96%	-1,43%	-3,58%
Eksiklik Miktarı	-34,60%	-47,85%	-79,01%
Ek Kapasite	-2,11%	-2,32%	-3,55%

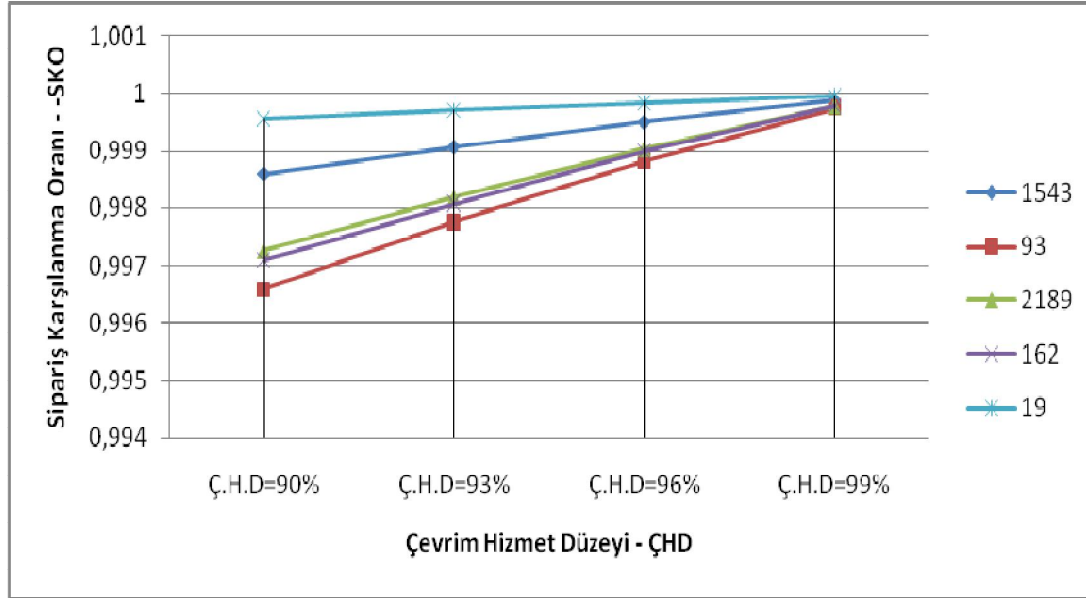
Çizelge 5.6, Şekil 5.1, 5.5, 5.7, 5.9’da gösterilen değişken etkileşimlerini yüzdesel olarak göstermektedir. ÇHD aralıklarında değişimin yönüne bakıldığında sadece güvenlik stoğunun pozitif bir yönelim izlediği anlaşılmaktadır. Bu değişim %90-93 ve %93-96 aralığında birbirine yakınken %96-99 değişimi oldukça fazladır. Bu aralıktaki değişimin yüzdesel olarak bu kadar yüksek olması eksiklik miktarındaki azalma oranlarına da yansımaktadır. Eksiklik miktarında da %96-99 aralığında diğer aralıklara nazaran yüzdesel olarak büyük bir azalış meydana gelmiştir. Güvenlik stoğu değişimi diğer değişkenlere nispeten az olmakla birlikte dolaylı olarak sipariş miktarına etki ettiğinden dolayı %96-99 aralığında sipariş miktarında ki azalma oranı az olmakla birlikte diğer aralıklara göre fazladır. Güvenlik stoğunda ki artış ve eksiklik miktarında ki azalış ek kapasiteye olan ihtiyacı ÇHD değişim aralığı arttıkça azaltmaktadır. Diğer değişkenlerde olduğu gibi ek kapasitede de %96-99 aralığında diğer aralıklara nazaran yüzdesel olarak büyük bir azalış meydana gelmiştir.



Şekil 5.10 : Çevrim hizmet düzeyi ile stok miktarı ilişkisi.

Şekil 5.10 ÇHD artışının stok miktarına aynı zamanda yapılacak olan stok yatırımına etkisini de göstermektedir. Şekil 5.10’da eksen değerleri yer değiştirilirse Şekil 2.8 elde edilmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde ÇHD artışının ortalama stok miktarını azalan bir ivmeyle birlikte arttırdığı söylenebilir.

Şekil 5.11 ÇHD artışının 5 farklı üründe sipariş karşılama oranına (SKO) olan etkisini göstermektedir.



Şekil 5.11 : Çevrim hizmet düzeyi ile sipariş karşılama oranı.

Şekil 5.11’e bakıldığında sipariş karşılama oranları oldukça yüksektir. Bu durumun nedeni ürünlerin tedarik zamanlarının az olmasıyla birlikte karşılanamayan sipariş sayısının düşük olmasıdır. ÇHD arttıkça 5 farklı ürün için SKO birbirine yaklaşmaktadır. Özellikle ÇHD %99 seviyesinde SKO eşitlenmektedir. Ürünler için ÇHD-SKO karşılaştırılması yapıldığında ÇHD değişim yüzdesi ile SKO değişim yüzdesinin aynı olmadığı Şekil 5.11 de 19 ve 1543 kodlu ürünlerde ki değişim incelendiğinde anlaşılmaktadır. Burada bir diğer önemli nokta, depo kısıtı olmadığı düşünülürse sipariş miktarını arttırmak ÇHD’yi etkilemese bile SKO’yu arttıracaktır. Bu durum Denklem 2.21’de açıkça görülmektedir. Şekil 5.11’de değerlendirilen ürünlerden 19 kodlu ürün sipariş miktarı en yüksek olan ürün iken 162 kodlu ürünün sipariş miktarı en düşüktür. Yüksek sipariş miktarına sahip ürünün (19) sipariş karşılama oranı yüksek iken düşük sipariş miktarına sahip ürünün (162) sipariş karşılama oranı nispeten daha düşüktür.

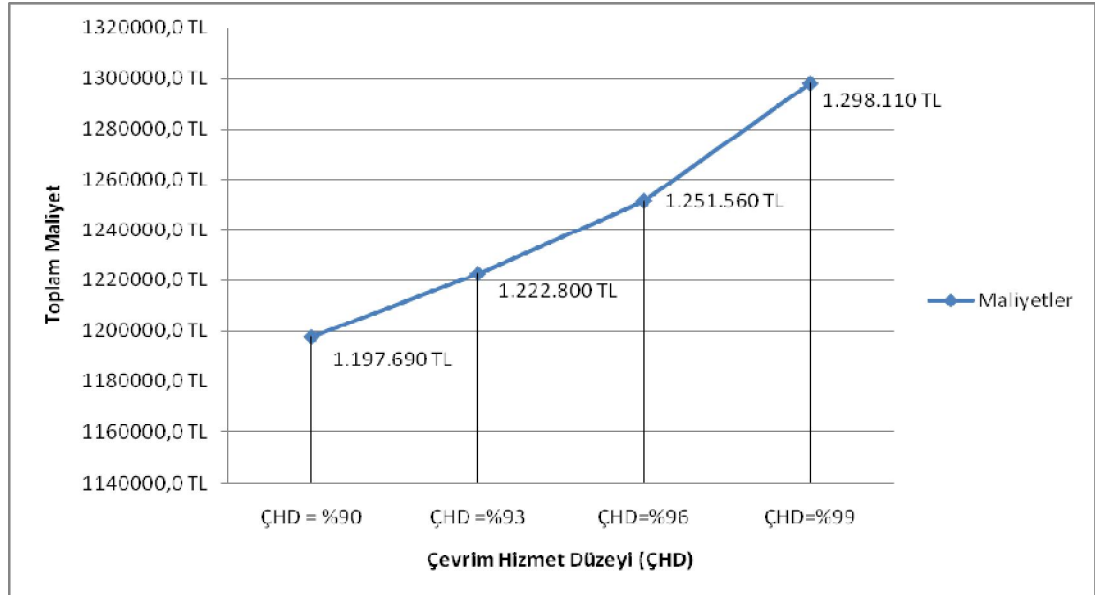
5.2 Depo Alt Modelinin Çözümü

Bu bölümde stok alt modelinin çıktıları sabit tutularak depo alt modeli çözümü ve sonuçları belirtilecektir. En yüksek seviye yenileme maliyeti, eş zamanlı yenileme maliyeti, birincil ve ikincil alan için toplama maliyetleri ve alanlar için ayrı olarak oluşan sipariş maliyetleri ile birlikte oluşturulan depo alt modeli ve alan kapasiteleri dikkate alınarak oluşturulan kısıtlar Lindo 6.1 en iyileme programı ile çözülmüştür. 1386 ürün için rotalar bulunmuştur. Çizelge 5.7 farklı 5 ürün için bulunan rotaları göstermektedir.

Çizelge 5.7 : Ürün rotaları.

	Rotalar					
19	X1	0	Y1	0	Z1	1
93	X6	0	Y6	1	Z6	0
162	X15	1	Y15	0	Z15	0
1543	X108	0	Y108	1	Z108	0
2189	X144	1	Y144	0	Z144	0

Toplam maliyeti belirlemekte rotalar etkin rol oynamaktadır. Stok alt modelinin ve depo alt modelinin çözümü sonucunda bulunan değişkenler ve rotalarla birlikte ana model çözülmüştür. Ana modelin sonuçları Şekil 5.12 'de görülmektedir.



Şekil 5.12 : Çevrim hizmet düzeyi ile toplam maliyet ilişkisi.

Şekil 5.12 toplam maliyet eğrisinin çevrim hizmet düzeylerine göre değişimini göstermektedir. Şekil 5.1, 5.5, 5.7 ve 5.9’ da ortaya çıkan durum Şekil 5.12 ‘de de görülmektedir. Toplam maliyetin %90-96 ÇHD arasındaki artışı ile %96-99 arasındaki artışının birbirinden farklı olduğu doğruların eğimlerinden de anlaşılmaktadır. %90-93 ve %93-96 ÇHD arasındaki maliyet artışları %2,12 ve %2,24 iken %96-99 arasındaki maliyet artışı %3,72 olmuştur. Bu sonuçlar bize ÇHD eşit olarak arttırılsa bile maliyetlerin daha fazla artacağını göstermektedir. Firmanın ilaç sektöründe yer almasından dolayı belirlemesi gereken ÇHD düzeyi maliyetlerden önce değerlendirilmelidir. Bu sektörde faaliyet gösteren firmaların hem maliyet hem ÇHD etkinliği sağlamaları için %96 ÇHD bir kırılma noktası olarak görülebilir ancak ÇHD etkinliği ön planda tutulduğunda %99 ÇHD seçilmelidir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada olasılıklı talep yapısı ile birlikte çevrim hizmet düzeyindeki değişimin diğer değişkenler üzerindeki etkisini belirlemek için sezgisel bir algoritma önerilmiştir. Algoritma 1386 ürün için çözüldükten sonra sonuçlar stok alt modeli ve depo alt modeli sonuç bölümlerinde ayrıntılı olarak belirtilmiştir.

Bölüm 4’de, incelenen problemin matematiksel formülasyonu oluşturulmuştur. Kullanılan geleneksel ESM modellerinden birçok yönden farklı olan bu modelleme hem stok hem de depo değişkenlerini içermesi, müşteri hizmet seviyesini ele alması, stok yıpranmaları ve ek kapasiteyi belirleyebilmesi ve maliyetlerin depo içerisindeki oluşumunu farklı açılardan değerlendirmesiyle birlikte kapsamlı bir modellemedir. Model hem stok hem depo değişkenlerini içermesi nedeniyle literatürde sıklıkla kullanılan sezgisel bir yöntemle çözülmüştür. Bu çalışmaya literatürde önemli yer edinen noktalar dahil edilmiş ve bunların önemi ayrı ayrı vurgulanmıştır.

Bölüm 5’de, kurulan model çözülmüş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuçların değerlendirilmesi genel olarak çevrim hizmet düzeylerinin etkisi üzerinden gerçekleştirilmiştir. Performans ölçütleri olarak belirlenen toplam maliyet ve sipariş karşılanma oranları değerlendirilmiştir. Firmanın faaliyet gösterdiği sektörün sağlık sektörü olması nedeniyle çevrim hizmet düzeyi kısıtlara eklenmemiş ancak toplam maliyet üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sipariş karşılanma oranlarının çevrim hizmet düzeyleriyle birlikte değişimi belirtilmiştir.

Sunulan çalışmada birçok yenilikçi özellik bulunmaktadır. Bu çalışmada literatüre sunulan en önemli yenilik kapsamlı modelin çevrim hizmet düzeyleriyle birlikte değerlendirilmiş olmasıdır.

Gelecek çalışmalar eğer uygulamaya yönelik olacak ve farklı sektörlerde faaliyet gösteren işletmeleri ele alacaksa çevrim hizmet düzeyi bir kısıt olarak ele alınmalı ve eksiklik maliyetleri modele dahil edilmelidir. Akademik anlamda yapılacak çalışmalarda eksiklik maliyeti ve operasyon maliyetleri beraber düşünülmeli, toplam maliyeti en küçükleyecek en iyi çevrim hizmet düzeyini sağlayacak formülasyon geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Akyurt,Z.,İ.** (2009). *Ürün stok politikalarının olasılıklı talep yapısı altında markov karar süreci ile analizi* (doktora tezi). Adres: <http://necdetozcakar.com>
- Bartholdi, J.J. and Hackman, S.T.** (2010). *Warehouse & Distribution Science*. Georgia Institute of Technology, Atlanta.
- Baskak, M. ve Tanyaş M.** (2006).*Üretim Planlama ve Kontrol*. İrfan Yayıncılık, İstanbul.
- Bellman,R.** (1957). *Dynamic Programming*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Cardos, M. ve Babiloni, E.**(2011).Exact and approximated calculation of the cycle service level in a continuous review policy, *International Journal of Production Economics*, **133**, 251-255.
- Chazal, M., Jounini, E. ve Tahraoui, R.**(2003).Production planning and inventories optimization with a general storage cost function, *Nonlinear Analysis*, **54**, 1365-1395.
- Chang, C.H., Ouyang,Y.L., Wu,S.K., Ho, H.C.**(2006).Integrated vendor–buyer cooperative inventory models with controllable lead time and ordering cost reduction, *European Journal of Operational Research*, **170**, 481-495.
- Chen, F.**(1999).Worst-case analysis of (R,Q) policies in a two-stage serial inventory system with deterministic demand and backlogging, *Operations Research Letters*, **25**, 51-58.
- Chen, Y.,F. ve Krass, D.**(2001).Inventory models with minimal service level constraints, *European Journal of Operational Research*, **134**, 120-140.
- Chung, K., Her, C. ve Lin, S.**(2009).A two warehouse inventory model with imperfect quality production processes, *Computers and Industrial Engineering*, **56**, 193-197.
- Coster, R., Duc, T. ve Roodbergen, K.**(2007).Design and control of warehouse order picking: A literature review, *European Journal of Operational Research*, **182**, 481-501.
- Dilworth,B.J.** (1993). *Production and Operations Management: Manufacturing and Services*. McGraw Hill Book Co., Fifth Edition, Singapore.
- Donaldson, W.A.**(1977).Inventory replenishment policy for a linear trend in demand-an analytical solution, *Operations Research Quarterly*, **28**, 663–670.

- Forsberg, R.**(1996).Exact evaluation of (R,Q) policies for two level inventory systems with Poisson demand, *European Journal of Operational Research*, **96**, 130-138.
- Gagliardi, J., Ruiz, A. ve Renaud, J.**(2008).Space allocation and stock replenishment synchronization in a distribution center, *International Journal of Production Economics*, **115**, 19-27.
- Ganeshan, R.**(1999).Managing supply chain inventories: A multiple retailer, one warehouse, multiple supplier model, *International Journal of Production Economics*, **59**, 341-354.
- Gençyılmaz, G.** (1988). *Stok Sistemlerinin Yönetimi*. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi, İstanbul.
- Goyal, S.K. ve Giri, B.C.**(2001).Recent trends in modeling of deteriorating inventory. *European Journal of Operational Research*, **134**, 1-16.
- Harris,F.** (1915).*Operations and Cost*. Factory Management Series, Chicago.
- Hillier, S.F. ve Lieberman,G.J.** (1995). *Introduction To Operations Research*. McGraw-Hill Book Co., Sixth Editon, Singapore.
- Isotupa, S., K., P.**(2006).An (s, Q) Markovian inventory system with lost sales and two demand classes, *Mathematical and Computer Modelling*, **43**, 687–694.
- Lau, L., H., A. ve Lau, S.H.**(2002).A comparison of different methods for estimating the average inventory level in a (Q,R) system with backorders, *International Journal of Production Economics*, **79**, 303-316.
- Lee, C., ve Hsu, S.**(2009).A two warehouse production model for deteriorating inventory items with time dependent demands, *European Journal of Operational Research*, **194**, 700-710.
- Lee, Y.,J. ve Schwarz, B.,L.**(2007).Leadtime reduction in a (Q,r) inventory system: An agency perspective, *International Journal of Production Economics*, **105**, 204-212.
- Liang, Y. ve Zhou, F.**(2011).A two warehouse inventory model for deteriorating items under conditionally permissible delay in payment, *Applied Mathematical Modelling*, **35**, 2221-2231.
- Lodree, E.**(2007).Advanced supply chain planning with mixtures of backorders, lost sales, and lost contract, *European Journal of Operational Research*, **181**, 168-183.
- Maity, K. ve Maiti, M.**(2008).A numerical approach to a multi-objective optimal inventory control problem for deteriorating multi items under fuzzy inflation and discounting, *Computers and Mathematics with Applications*, **55**,1794-1807.
- Maity, K., Maiti, M., Mondal, S. ve Maity, A.,K.**(2007).A Chebyshev approximation for solving the optimal production inventory problem of deteriorating multi-item, *Mathematical and Computer Modelling*, **45**, 149-161.

- Martinich, S.J.** (1997). *Production and Operations Management: An Applied Modern Approach*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Matheus, P. ve Gelders, L.** (2000). The (R, Q) inventory policy subject to a compound Poisson demand pattern, *International Journal of Production Economics*, **68**, 307-317.
- Melchior, P. ve Andersson, J.** (2001). A two echelon inventory model with lost sales, *International Journal of Production Economics*, **69**, 307-315.
- Miranda, A., P. ve Garrido, A., R.** (2009). Inventory service-level optimization within distribution network design problem, *International Journal of Production Economics*, **122**, 276-285.
- Moron, K.D.** (1996). Inventories and customer service in Polish manufacturing companies, *International Journal of Production Economics*, **45**, 147-157.
- Nahmias, S. ve Demmy, S.** (1981). Operating characteristics of an inventory system with rationing, *Management Science*, **27**, 1236-1245.
- Papachristos, S. ve Skouri, K.** (2000). An optimal replenishment policy for deteriorating items with time-varying demand and partial - exponential type – backlogging, *Operations Research Letters*, **27**, 175-184.
- Rong, M., Mahapatra, N., K. ve Maiti, M.** (2008). A two warehouse inventory model for a deteriorating item with partially/fully backlogged shortage and fuzzy lead time, *European Journal of Operational Research*, **189**, 59-75.
- Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., Van Houtum, G.J., Mantel, R.J., ve Zijm, W.H.M.** (2000). Warehouse design and control: Framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, **122**, 515-33.
- San Jose, L.A. ve Garcia-Laguna, J.** (2009). Optimal policy for an inventory system with backlogging and all-units discounts: Application to the composite lot size model, *European Journal of Operational Research*, **192**, 808-823.
- San Jose, L.A. ve Garcia-Laguna, J.** (2003). An EOQ model with backorder and all-units discount, *An Official Journal of the Spanish Society of Statistics and Operations Research*, **11**, 253-274.
- Selçuk, Ö.** (2007). *Stok kontrol yöntemlerinin incelenmesi ve inşaat malzemelerini sektöründe bir uygulama* (yüksek lisans tezi). Adres: <http://belgeler.com/blg/1djy/>
- Shanker, K. ve Jha, J., K.** (2009). Two-echelon supply chain inventory model with controllable lead time and service level constraint, *Computers & Industrial Engineering*, **57**, 1096-1104.
- Sharp, G.P., Van Den Berg, J.P., Gademann, A., J., R., M. ve Pochet, Y.** (1998). Forward reserve allocation in a warehouse with unit load replenishments, *European Journal of Operational Research*, **111**, 98-113.

- Shibuya, T., Dohi, T. ve Osaki, S.**(1998).Optimal continuous review policies for spare part provisioning with random lead times, *International Journal of Production Economics*, **55**, 257-271.
- Silver, E.,A., Pyke, D.,F. ve Peterson, R.** (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Strack, G. ve Pochet, Y.**(2010).An integrated model for warehouse and inventory planning, *European Journal of Operational Research*, **204**, 35-50.
- Tajbakhsh, M.,M.** (2010). On the distribution free continuous-review inventory model with a service level constraint, *Computers & Industrial Engineering*, **59**, 1022-1024.
- Teunter, H.R., Laan,E. ve Inderfurth, K.**(2000).How to set the holding cost rates in average cost inventory models with reverse logistics?, *The International Journal of Management Science*, **28**, 409-415.
- Thing, S.P., Hou, L.,K. ve Chung, J.K.**(2009).An accurate and reliable solution algorithm for the (Q, r) inventory system with a fixed shortage cost, *Mathematical and Computer Modelling*, **49**, 128-135.
- Topan, E., Bayındır, Z., Tan, T.**(2010).An exact solution procedure for multi-item two-echelon spare parts inventory control problem with batch ordering in the central warehouse, *Operations Research Letters*, **38**, 454-461.
- Tunç, S., Kutlu, B., Zincidi, A. ve Atmaca, Ediz.**(2008).Depo sisteminde sipariş toplama sürecinin iyileştirilmesi, *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Der. , 23(2)*, 357-364.
- Van Den Berg, J.P. ve Zijm, W.H.M.**(1999).Models for warehouse management: Classification and examples, *International Journal of Production Economics*, **59**, 519-528.
- Walters,D.** (2003). *Logistics: An Introduction to Supply Chain Management*. Palgrave Macmillan, New York.
- Wang, S.**(2002).An inventory replenishment policy for deteriorating items with shortages and partial backlogging, *Computers & Operations Research*, **29**, 2043-2051.
- Wang, T.,Y. ve Hu, J.,Y.**(2008).An inventory control system for products with optional components under service level and budget constraints, *European Journal of Operational Research*, **189**, 41-58.
- Wee, H.M.**(1993).Economic production lot size model for deteriorating items with partial back-ordering, *Computers and Industrial Engineering*, **24**, 449-458.
- Weiss, H.J.**(1982).Economic order quantity models with nonlinear holding costs. *European Journal of Operational Research*, **9**, 56–60.
- Wild, T.** (1999).*Best Practise in Inventory Management*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Yang, L.H.**(2005).A comparison among various partial backlogging inventory lot-size models for deteriorating items on the basis of maximum profit, *International Journal of Production Economics*, **96**, 119-128.

- Yang, H.**(2004).Two-warehouse inventory models for deteriorating items with shortages under inflation, *European Journal of Operational Research*, **157**, 344-356.
- Yang, H.**(2006).Two-warehouse partial backlogging inventory models for deteriorating items under inflation, *International Journal of Production Economics*, **103**, 362-370.
- Yenersoy, G.** (1990). *Malzeme Yönetim Sistemleri*. MAPA Yayınları, İstanbul.
- Young, H., Wang, S.Y. ve Lai, K.K.**(2010).An optimal production-inventory model for deteriorating items with multiple-market demand. *European Journal of Operational Research*, **203**, 593-600.
- Zhao, X., Qiu, M., Xie, J. ve He, Q.**(2012).Computing (r, Q) policy for an inventory system with limited sharable resource, *Computers and Operations Research*, **39**, 2368-2379.
- Zhou, Y.**(2003).A multi-warehouse inventory model for items with time-varying demand and shortages, *Computer and Operations Research*, **30**, 2115-2134.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Ömer Faruk YILMAZ

Doğum Yeri ve Tarihi: TRABZON 05.06.1989

Adres: Durbali Sk. Şafak Apt. No: 19 Da.: 21 Üsküdar/İSTANBUL

E-Posta: omer.faruk.yilmaz89@gmail.com

Lisans: İstanbul Üniversitesi Endüstri Mühendisliği

Yayın ve Patent Listesi:

Turan H., Bal A., **Yılmaz O. F.**, Gungor, C., Erbiyik, H. 2011: An Evaluation of Energy Alternatives for Turkey via Fuzzy Multicriteria Approach . *International Congress- Technology Management in the Energy Smart World*, 31 July-4 August 2011 Portland, Oregon, USA.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

Yılmaz, O.F., Baskak, M., Erbiyik, H., Budak, A. 2012: Service level within an integrated model for warehouse and inventory planning. International Conference on Industrial Engineering and Operations Management(IEOM), Istanbul, Turkey, July 3-6.